

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka, Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Sauli Lind

SULATUSKULJETTIMEN HYDRAULIMOOTTORIN VAIHTO-OHJE

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Sauli Lind

Sulatuskuljettimen hydraulimoottorin vaihto-ohje, 59 sivua, 13 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö, 2010

Ohjaajat: Lehtori Veli-Pekka Jurvanen, Saimaan ammattikorkeakoulu;

Kehityssinööri Tuomo Kotineva, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

Työn aiheena on tarkastaa nostopalkit ja nostoapuvälineet, suunnitella tarvittavat muutokset hoitotasolle ja putkistoille ja laatia ohje hydraulimoottorin vaihtamiseksi. Tarkoituksena ei ole työn laajuuden takia suunnitella sulatuskuljettimen pohjoispuolen moottorille vaihto-ohjetta, vaan suorittaa ainoastaan nostopalkkien ja –apuvälineiden ja hoitotasolle tehtävien muutosten tarkastus.

Moottoria koskevat tiedot ja kuvat on etsitty SAP-tietojärjestelmästä, dokumenttiarkistosta, valmistajan huolto-ohjeesta ja muista erillisistä lähteistä. Nostopalkkien kuntoa on arvioitu erilaisilla lujuuslaskuilla.

Työn suorittamiseen sisältyi mitoitusta, nostopalkkien tarkastelemista laskien, tarvittavien nostoapuvälineiden hankintaa, suunnittelua, hoitotason muutosten tekeminen AutoCAD– ja Solidworks–ohjelmalla ja haastattelut laitosmiesten ja sellutehtaan suunnittelijoiden kanssa.

Vaihto-ohje on työssä liitteenä.

Asiasanat: nostoapuvälineet, turvallistaminen, vaihtotyö

ABSTRACT

Sauli Lind

Replacement guide for hydraulic motor of melting conveyor, 59 pages, 13 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Mechanical and manufacturing technology

Manufacturing engineering and maintenance

Bachelor's thesis, 2010

Instructors: Mr Veli-Pekka Jurvanen, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr Tuomo Kotineva, Development Engineer, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

The subject of my degree work is to inspect the lifting beams and lift tools, plan necessary changes for servicing platforms and pipes and write a guide for replacement of the hydraulic motor. Due to the scope of this work any replacement guide for the hydraulic motor that is located at north side of melting conveyor will not be written. For the motor of the north side only inspections of lifting beams, lift tools and changes for servicing platforms are carried out.

Information and pictures of the motor have been looked for in the SAP-information system, archives of document, a guide of manufacturer and other separate sources. The state of lifting beams has been estimated by means of different calculations of mechanics of materials.

The work included measuring, calculation of lifting beams, acquiring necessary lift tools, planning, and performing changes for the servicing platforms with AutoCAD and Solidworks programs as well as interviews of employees.

As a result of this degree work the company gets a replacement guide

Key words: lift tools, work safety, replacement work

LIITTEET

- Liite 1 Kaukaan tehdasalueen kartta
- Liite 2 Moottorin mittapiirustus
- Liite 3 Palkkitaulukko
- Liite 4 Nostopalkin asentaminen
- Liite 5 IPE-nostopalkki
- Liite 6 Koroke
- Liite 7 Lappu
- Liite 8 Nostotappi
- Liite 9 Holkki
- Liite 10 Tukirakenne
- Liite 11 Hoitotaso – ja putkistomuutos
- Liite 12 Ritilän kuormitustaulukko
- Liite 13 Moottorin vaihto-ohje

Sisältö

1 JOHDANTO	6
2 TYÖPAIKAN ESITTELY	7
2.1 UPM-Kymmene Oyj	7
2.2 Kaukaan sellutehdas	7
3 KUNNOSSAPITO	8
4 SULATUSKULJETIN	11
4.1 Hägglunds drives marathon -hydraulimoottori	12
4.1.1 Moottorin toiminta	14
4.1.2 Tekniset tiedot	15
4.1.3 Moottorin mitat	17
4.2 Hydraulimoottorien kunnossapito	19
4.2.1 Voitelunesteen valinta	19
4.2.2 Vian etsintä	21
5 ETELÄISEN MOOTTORIN TARKASTUS KAU1-L-009741	22
5.1 Nostopalkki GP-004769	22
5.1.1 Tukivoimat ja maksimimomentti	23
5.1.2 Taivutuksesta aiheutuva normaalijännitys	25
5.1.3 Taivutuksesta aiheutuva leikkausjännitys	26
5.1.4 Taivutuksesta aiheutuva taipuma	28
5.1.5 Maksimivoima nostopalkille	29
5.2 Uusi nostopalkki	30
5.2.1 Uuden nostopalkin kustannusarvio	31
5.2.2 Maksimivoima uudelle nostopalkille	32
5.3 Siirtovaunun tarkastaminen	32
5.4 Ketjutaljan tarkastaminen	33
5.5 Nostokorviin kiinnitettävä tappi	35
5.5.1 Maksimimomentti	36
5.5.2 Normaalijännitys	37
5.5.3 Leikkausjännitys	38
5.5.4 Taipuma	39
5.5.5 Maksimivoima nostotapille	39
5.6 Ympäristömuutokset	40
5.6.1 Hoitotason tukipalkkien muutokset	40
5.6.2 Höyryputken siirtäminen	42
5.6.3 Ritilä	42
6 TYÖN TURVALLISTAMINEN	45
7 POHJOISEN MOOTTORIN TARKASTUS KAU1-L-009742	48
7.1 Nostopalkit	48
7.2 Ympäristömuutokset	53
8 POHDINTAA	54
TAULUKOT	56
LÄHTEET	57

1 JOHDANTO

Insinööriyön tausta

Suoritin vuonna 2009 UPM-Kymmene Kaukaan tehtaille tutkintooni kuuluvaa projekti- ja yleisharjoittelua yhteensä 22 viikkoa. Harjoittelua suorittaessa syntyi ajatus insinööriyön tekemisestä UPM-Kymmene Kaukaan tehtaalle. Syksyllä 2009 sovin kehitysinsinööri Tuomo Kotinevan kanssa insinööriyön aiheesta. Vaihto-ohjeen tekeminen hydraulimootorille on haastavaa ja sisältää laskentaa ja erilaista suunnittelua. Sulatuskuljettimen hydraulimootorit ovat pyörineet melkein 14 vuotta, joten vaihto-ohjeen tekeminen on hyvin ajankohtaista.

Työn esittely

Työn tarkoituksena on suunnitella moottorille vaihto-ohje. Työn suorittaminen edellyttää nostopalkkien kunnon arvioimista laskemalla, nostoapuvälineiden tarkastamista, tarvittavien muutosten tekemistä hoitotasolle ja putkistolle. Sulatuskuljettimen pohjoispuolen moottorille suoritetaan tarkastukset nostopalkeille, -nostoapuvälineille ja tarkastellaan tarvittavia muutoksia hoitotasolle ja putkistolle.

Aiheen rajaus

Ajan puutteen vuoksi ei sulatuskuljettimen molemmille moottoreille voida tehdä vaihto-ohjetta. Kuljettimen eteläpuoleinen moottori vaihdetaan kesällä 2010, joten kyseiselle moottorille tehdään vaihto-ohje. Pohjoispuolen moottorille suoritetaan pelkät tarkastukset.

2 TYÖPAIKAN ESITTELY

2.1 UPM-Kymmene Oyj

Opinnäytetyön suorituspaikkana on Kaukaan sellutehdas, joka kuuluu UPM-Kymmene -konserniin. Yhtiöllä on tuotantolaitoksia 14 eri maassa ja palveluksessa noin 24 000 henkilöä. Liiketoiminta jakaantuu kolmeen ryhmään: Energia ja sellu, Paperi sekä Tekniset materiaalit. UPM-Kymmenen juuret ulottuvat Suomessa jo 1800-luvun loppupuolelle. Suomessa UPM:llä on toiminnassa Kaukaan sellutehtaan lisäksi kaksi muuta sellutehdasta, jotka ovat Raumalla ja Kuusankoskella. (UPM-Kymmene intranet, UPM lyhyesti)

2.2 Kaukaan sellutehdas

UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan sellutehdas sijaitsee Lappeenrannassa, Lauritsalan kaupunginosassa. Sen kaksi linjaa valmistavat noin 720 000 tonnia vuodessa sulfaattisellua, josta suurin osa pumpataan kuivaamattomana selluna suoraan Kaukaan paperitehtaan käyttöön ja loput kuivataan kahdella kuivauskoneella. Toinen linjoista valmistaa koivusellua ja toinen armeerausmassaa mäntykuitupuusta ja saharakkeesta. Sellua Kaukaan tehtailla on valmistettu vuodesta 1897 ja nykyinen uudistettu sellutehdas on toiminut vuodesta 1996. Henkilöstöä Kaukaalla on 870 henkeä, joista sellutehtaalla on 180 henkeä. Paperitehtaalla on yhteensä 400, tehdaspalvelussa 260 ja hallinnossa 30 henkeä. Koko tehdasalue työllistää noin 1600 henkilöä, mukaan luettuna kuuluvat sahan ja vanerin henkilökunta, ja lisäksi on Kaukaan voiman voimalaitoksen projektihenkilöstö. Liitteessä 1 on Kaukaan tehdasalueen kartta, jossa paikat näkyvät pääpiirteittäin.

(UPM Kaukaan tehtaot yleisesittely 2010 ja toiminta Kaukaan tehdasalueella)

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapito on käsitteenä laaja, mutta kunnossapidon tärkein tavoite on huolehtia laitteiden ja koneiden kunnosta, jotta ne toimisivat suunnitellun mukaisesti. Kunnossapidon avulla pidetään koneet ja laitteet toimintakunnossa, jolloin voidaan tuottaa palveluita, joihin asiakkaat ovat tyytyväisiä ja että tuotanto voi tapahtua sellaisissa olosuhteissa, jotka ovat kaikkein edullisimpia nettotuottojen, turvallisuuden, ympäristön ja laadun kannalta.

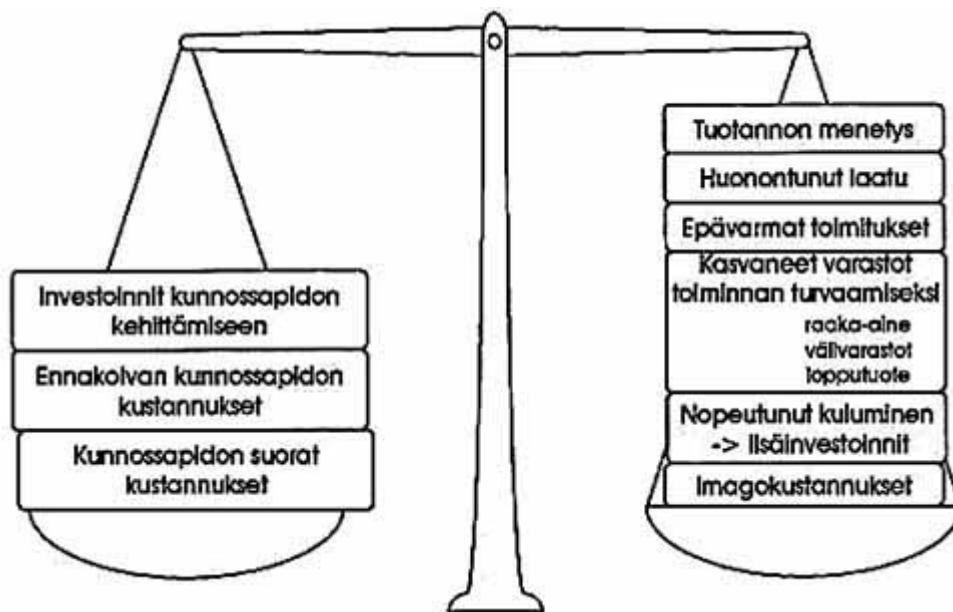
Jotta saavutetaan kunnossapidon tärkein tavoite, tulee laitteille suorittaa kunnonvalvontaa. Kunnonvalvonta sisältää eri kunnonvalvontamenetelmiä, joita ovat esimerkiksi silmämääräinen tarkastus ja värähtelymittaus. Lisäksi mahdollinen vika tulee pystyä korjaamaan mahdollisimman nopeasti minimikustannuksin. (Edunet)

Kunnossapidon merkitys yritykselle

Kunnossapidon merkitys yritykselle korostuu entisestään nykyisessä talouspolitiikassa. Yritetään saada mahdollisimman isot voitot mahdollisimman pienin investoinnein. Tämä asettaa yrityksen käyttämille laitteille suuria haasteita. Kun laite on otettu käyttöön, tulisi sen kestää tuotannossa vuosikaudet. Pelkästään hyvällä tuotesuunnittelulla tähän ei pystytä – vaikkakin hyvä tuotesuunnittelu antaa hyvän lähtökohdan laitteen toimintakyvyn varmistamiseksi. Ennen laitteen käyttöönottoa tulisi laitteelle tehdä kunnonvalvontasuunnitelma, jolla voidaan laitteen toimintaa seurata ja näin ollen ennalta ehkäistä alkava vika, ennen kuin se pääsee kasvamaan liian suureksi.

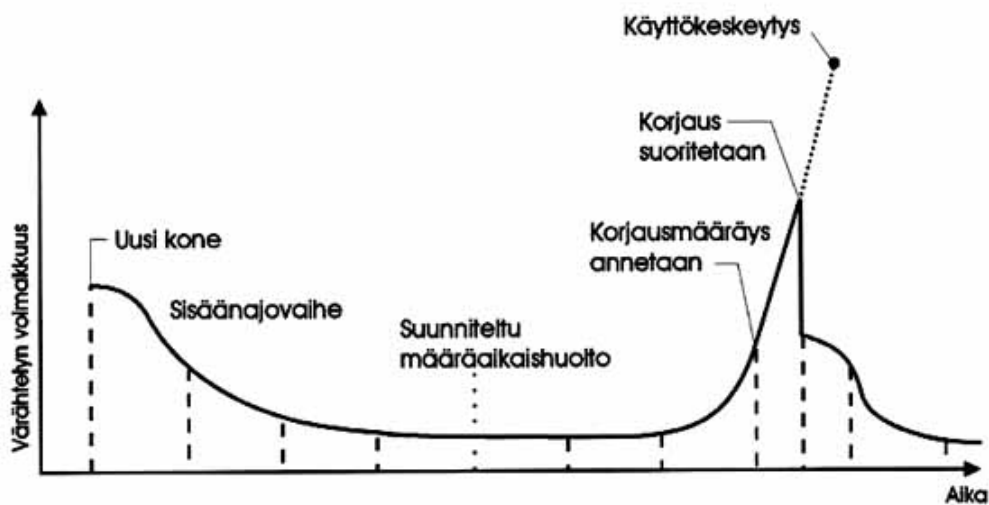
Kunnossapito voidaan jakaa ennalta ehkäisevään, korjaavaan ja parantavaan kunnossapitoon. Ennalta ehkäisevä kunnossapito sisältää kaikki ne toimenpiteet, joita laitteelle tehdään, vaikka laitteessa ei olisi vikaa. Nämä toimenpiteet käsittävät erilaisia tarkastuksia, mittauksia, testauksia ja huoltotoimenpiteitä. Tavoitteena ennalta ehkäistä viat, ennen kuin ne ovat päässeet edes ilmaantumaan. Korjaava kunnossapito käsittää ne toimenpiteet, joita laitteelle tehdään kun laitteessa on havaittu vika. Parantava kunnossapito tarkoittaa sitä, että laitteelle tehdään tiettyjä toimenpiteitä, tavoitteena ehkäistä esiintyvien vikojen esiintyminen jatkossa.

Se, mitä kunnossapidon osa-aluetta yritys käyttää, riippuu muun muassa käyttökohteista ja liike-elämän tavoitteista. Päätöksen tekoon vaikuttavat tekijät ovat lueteltu kuvassa 1.



Kuva 1. Kunnossapidon päätöksenteon kustannusten punnitseminen (Edunet:Kunnossapito)

Yrityksen, jolla on vain pieniä laitteita tuotannossa eikä laitteen vikaantuminen vaikuta kriittisesti tuotantoon, tulee taloudellisemmaksi antaa laitteen vikaantua ja korjata se vasta vian ilmennettyä. Jos yritys sisältää isoja koneita ja laitekokonaisuuksia ja mahdolliset seisokit aiheuttavat suuria tappioita, on ennalta ehkäisevä kunnossapito ehdottomasti järkevin vaihtoehto. Investoinnit, joita ennalta ehkäisevä kunnossapito vaatii, maksavat itsensä takaisin tulevaisuudessa, kun ei tarvitse maksaa palkkaa korjaustoimenpiteistä ja seisokki ajat vähenevät. Ennalta ehkäisevää kunnossapitoa selittää kuva 2.



Kuva 2. Ennakoivan kunnossapidon toteutusperiaate. Esimerkkitapauksena laakerin värähtelyn voimakkuuden mittaus (Edunet:kunnossapito)

4 SULATUSKULJETIN

UPM-Kymmene Oyj:n toimintakertomuksessa vuodelta 1988 kerrotaan sulatuskuljettimesta seuraavasti: Puiden syöttö kuorimarumpuun tapahtuu hydraulikäyttöisellä sulatuskuljettimella, joka näkyy kuvassa 3. Käytön muodostavat erillinen säädettävä hydraulipumppu ja kaksi erillistä hydraulimoottoria, jotka käyttävät erillisiä käyttöakseleita, joista kummallakin on viisi kuljetinketjua. Sulatuskuljettimen nopeus on portaattomasti säädettävissä 0,02–0,08 m/s:iin. Kuljettimen nopeus määräytyy operatöörin määräämän nopeusohjeen mukaan.



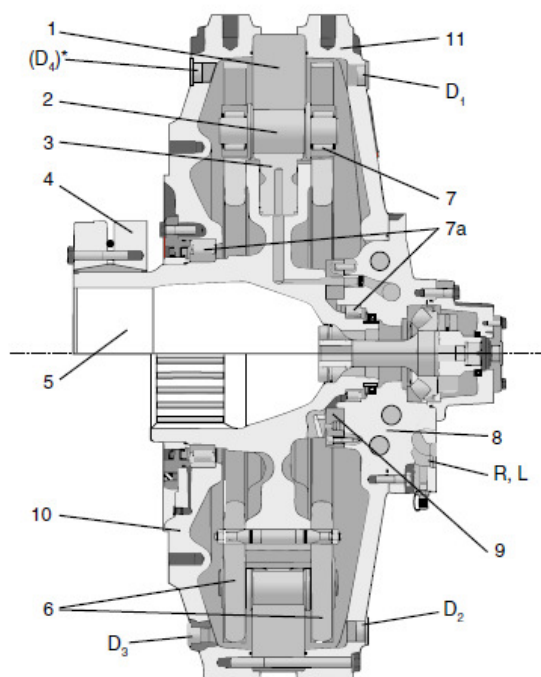
Kuva 3. Sulatuskuljetin, koivu.

Sulatuskuljettimen hydraulipumppu on lukittu lastauskohdan jälkeisiin ruuhkavahteihin (2kpl), ketjujen katkeamisvahtiin, taittopään tukosvahtiin, taittopään suojuksen kiinnirajaan, roskasuisteen tukosvahtiin, pintakytkimeen, hydrauliiikan paluusuotimen suodinvahtiin sekä hydraulipumpun syöttöpainevahteihin (viive käynnistyksessä). Hydraulipumpun proportionaaliventtiilit ohjataan nolla-asentoon (kuljetin pysähtyy) kun kuorimarumpu pysähtyy, sulatusvesipumppu pysähtyy tai syöttösuisteen tukosvahti toimii. Mikäli em. tapahtuvat kestävät yli 5 min, pysäytetään myös hydraulipumppu .

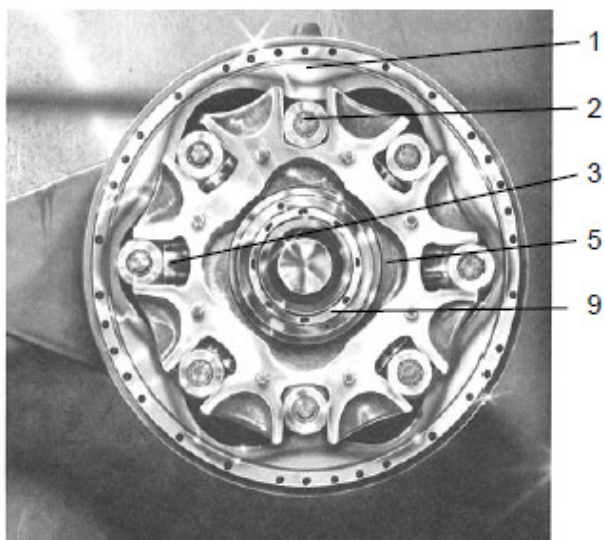
Sulatuskuljetinta voidaan ohjata käsiajolla taittopäähän sijoitetulla ohjauskytkimellä. Käsiajo on mahdollista taittopään suojan ollessa auki. Käsiajo ohittaa lisäksi prosessilaitelukitukset. Kuljettimella voidaan suorittaa lyhyt n. 2 sekuntia kestävä taakseajo paikallisohjauksella. Suunnanvaihdossa on aina 2 sekunnin viive ja taakseajon jälkeen on kuljetinta ajettava eteenpäin vähintään 5 sekuntia.

4.1 Hägglunds drives marathon -hydraulimoottori

Hägglunds Marathon -moottorit ovat rakenteeltaan radiaalimäntätyyppisiä hydraulimoottoreita. Moottorin sisäinen rakenne on nähtävissä kuvissa 4 ja 5. Moottorit ovat suunniteltu jatkuvaan teollisuuskäyttöön, jossa on hyvin tärkeätä, että moottori toimii hyvinkin vaativissa oloissa, mahdollisimman vähäisellä huoltamisella. Marathon - moottorit ovat maailman suurimpia hydraulisia moottoreita. Ne kykenevät tuottamaan jopa 1400 kNm:n momentteja. Moottoreilla on myös todella hyvät hidaskäyntiominaisuudet. Moottorit käyvät suhteellisen pienillä nopeuksilla, mutta tuottaen silti tarpeeksi tehoa teollisuuden käyttöön. Marathon moottorin sisäinen rakenne on suunniteltu siten, että kaikki liikkuvat osat ovat suljettuja voiteluaineen sisälle. Voiteluaineella pitää olla täten todella hyvä voiteleva ominaisuus. Moottoria voidaan käyttää normaalin ajosuunnan lisäksi myös jarruna. Toimiessaan jarruna, moottori toimii kuin olisi pumppu. Moottorin nopeutta ja pyörimissuuntaa on hyvin helppo hallita ja ohjata, koska moottoreihin on suunniteltu portaaton nopeudensäätö. Koska moottorilla on myös pieni hitausmomentti, reagoi se todella nopeasti virtauksen muuttamiseen. Myös vääntömomenttia voidaan helposti rajoittaa; ohjaamalla paineen tasoa. (Installation and Maintenance Manua, Marathon)



Kuva 4. Hägglund Marathon MB-800 -hydraulinestemoottorin rakenne (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



Kuva 5. MB-800-hydraulinestemoottori sisältä. (Product Manual, Marathon)

Kuvien 4 ja 5 rakenne on selitetty alapuolella:

- | | |
|---|--|
| 1. Nokkarengas. | 8. Liitântälohko |
| 2. Nokkarulla | 9. Ohjausventtiili / jakaja |
| 3. Mäntä | 10. Kiinnityspuolen kansi |
| 4. Akselikytkin /
puristusrengaskytkin | 11. Liitântäpuolen kansi |
| 5. Sylinteriryhmä / putkiakseli | R = Työpaineliitântä "R" |
| 6. Ohjauslevy | L = Työpaineliitântä "L" |
| 7. Ohjaava rullalaakeri | D_1 , D_2 ja D_3 = vuotoliitännä |
| a. Rullalaakeri
(sylinteriryhmä) | |

4.1.1 Moottorin toiminta

Yhtenäisen pyörivän osan muodostavat sylinteriryhmä ja akseli, jotka on laakeroitu kotelo-osaan vierintälaakerein. Jokaiseen mäntään liittyy nokkarulla, joka painuu nokkarengasta vasten männän työntäessä sitä keskiöstä ulospäin. Venttiililevy ohjaa öljyn virtausta sylintereihin ja sylintereistä. Nokkarengasta vasten vierivien rullien päissä on erilliset rullalaakerit, jotka siirtävät nokkarenkaan vinoilla pinnoilla syntyvän sivuvoiman sylinteriryhmään kiinnitettyihin ohjainlevyihin. Moottori pyörii ja järjestelmän paine on verrannollinen kuormittavaan vääntömomenttiin. Moottorin työpaineliitännät R ja L sijaitsevat liitântälohkoissa ja vuotoliitännät D_1 , D_2 , D_3 moottorin kotelossa. Moottori kiinnitetään putkimaisesta akselistaan käytettävän koneen akselille. Momentti välitetään puristusliitoksella tai akseliin tehtävällä urituksella.
(Product Manual, Marathon)

4.1.2 Tekniset tiedot

Marathon MB 800 moottorilla saavutetaan korkeita vääntömomenttiarvoja, pienillä nopeuksilla. Moottorin tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1.

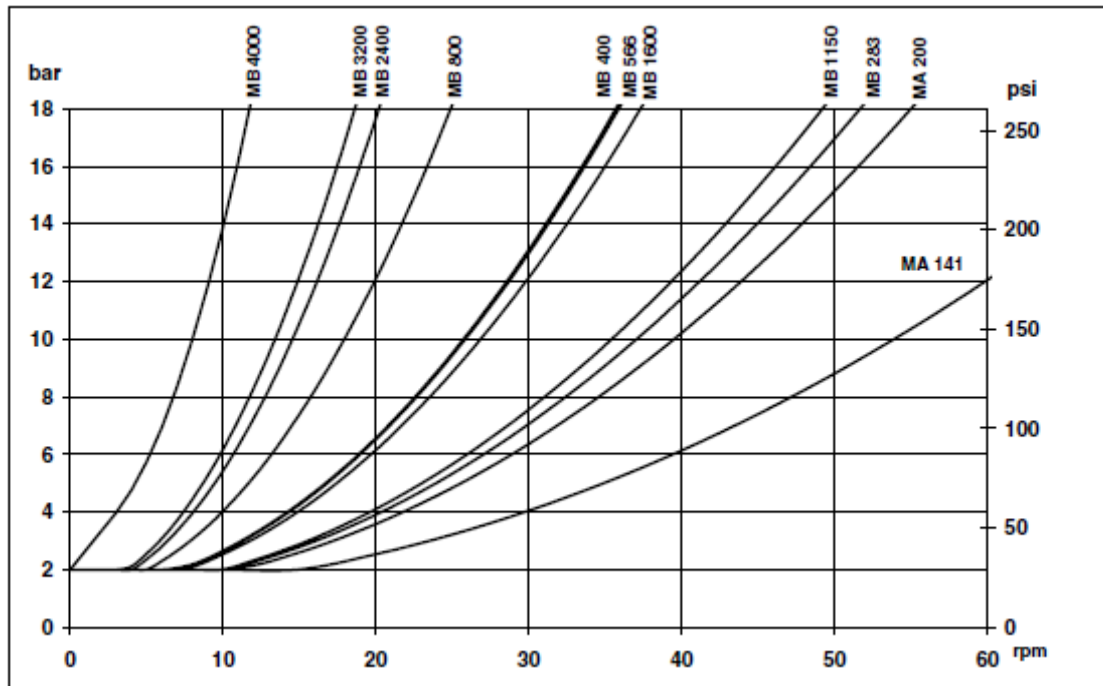
Taulukko 1. Tekniset tiedot.(Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Kierrostilavuus	Ominaisvääntö-momentti	Nimellis-nopeus	Maksimi-nopeus	Maksimi-paine	Maksimi-ottoteho
50258 <i>cm³ / min</i>	800 <i>Nm / bar</i>	18 <i>rpm</i>	25 <i>rpm</i>	350 <i>bar</i>	515 <i>kW</i>

Nimellisesnopeedella tarkoitetaan sitä suurinta sallittua nopeutta ahtopaineella, joka on 12 bar kammiopaineen yläpuolella. Jos kyseessä on suljettu kierto, pitää vähintään 15 % öljystä olla vaihtunut pääkierron aikana. Jos nopeudet ovat rajojen yläpuolella, pitää ahtopaineen, jäähdytyksen ja hydraulijärjestelmän valinta tehdä tarkasti ja huolellisesti.

Moottori kytketään hydraulijärjestelmään siten, että moottorin matalamman paineen työliitännässä on tarvittava syöttöpaine. Tämä koskee kaikkia asennuksia ja käyttöjä. Näitä on kaksi toisistaan eroavaa tapausta: tarkastellaan ensimmäiseksi tapausta, jossa moottori toimii jarruttavana. Tarvittava syöttöpaine sisäänvirtausaukossa on taulukon 2 mukainen. Tapauksessa 2 moottori toimii ainoastaan pyörittävänä. Tarvittava syöttöpaine ulosvirtausaukossa on 30 % käyrästön arvosta, se ei saa kuitenkaan olla alle 5 bar. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

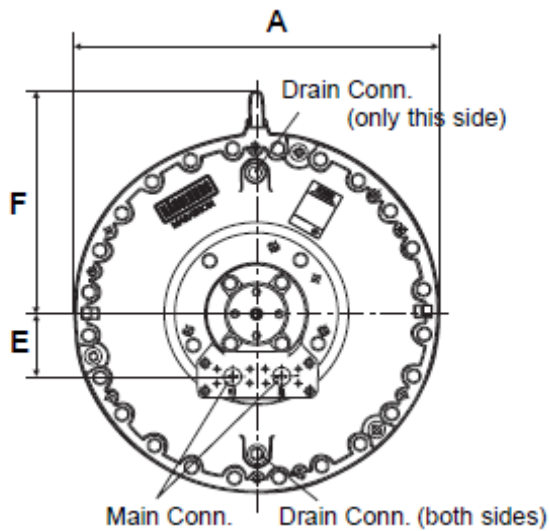
Taulukko 2. Tarvittava syöttöpaine, kun öljyn viskositeetti 40 cSt. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



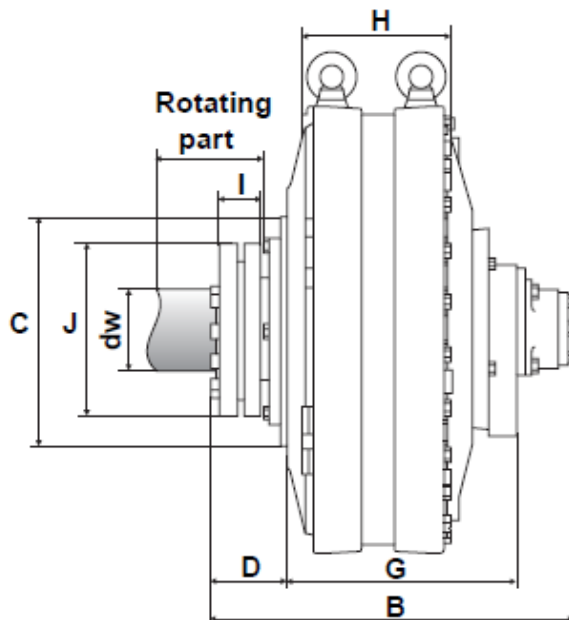
Taulukkoa voidaan käyttää kotelopaineelle aina 1 bariin asti. Jos kotelopaine on suurempi kuin 1 bar, on myös syöttöpaineen tarve vastaavan määrää korkeampi. Korkein sallittu kotelopaine on 3 bar. 8 barin painehuippuja kuitenkin sallitaan, mutta vain 1 %:n verran toiminta-ajalle tasaisesti jakautuen. Painehuiput saavat kestää korkeintaan viisi sekuntia. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

4.1.3 Moottorin mitat

Kaukaalla sulatuskuljetinta pyörittävät Marathon MB 800 -hydraulimoottorit ovat kytkimen kanssa asennettavia moottori malleja. Moottorin mitat ovat luettavissa kuvista 6 - 7 ja liitteestä 2.



Kuva 6. Moottorin mittapiirros (Product Manual, Marathon)



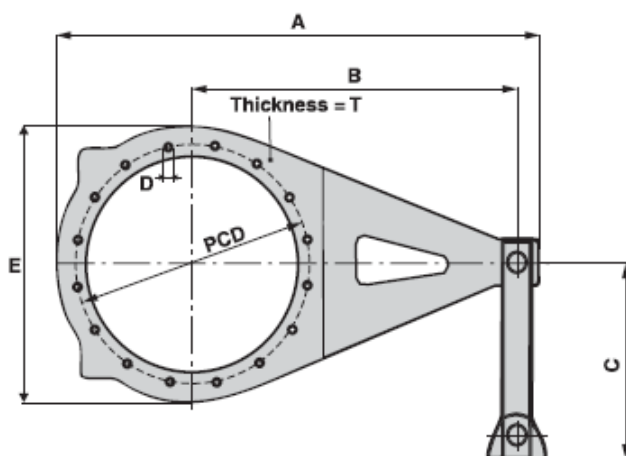
Kuva 7. Moottorin mittapiirros (Product Manual, Marathon)

Taulukossa 3 on esitetty Marathon MB-800- moottorin mitat. Taulukossa 4 on kerrottu tarvittava kiristysmomentti moottorin momenttivarrelle.

Taulukko 3. Mitat MB-800 moottorille (Product Manual, Marathon)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	dw	Paino
1288	880	700	198	201	774	522	332	153	512	260	2805
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg

Moottorin kanssa käytettävän momenttivarren (TMA) mitat ovat taulukon 5 mukaiset. Momenttivarsi on nähtävissä kuvassa 8.



Kuva 8. Momenttivarsi (Product Manual, Marathon)

Momenttivarren kiinnitystapoja käsitellään tarkemmin liitteenä 8 olevassa vaihto-ohjeessa.

Taulukko 4. Maksimimomentti, Nm (Product Manual, Marathon)

Momenttivarsi	Vaihto- tai sykäys momentti	Staattinen momentti
TMA 60 MB 800 moottorille	280 000	340 000

Taulukko 5. Mitat momenttivarrelle (Product Manual, Marathon)

Momenttivarsi	Moottori	A mm	B mm	C mm	D mm	PCD mm	E mm	T mm	Paino kg
TMA 60	MB 800	2050	1500	545	36x28		990	37	241

Taulukossa 5 on esitetty mitat momenttivarrelle, jota käytetään MB-800 hydraulimoottorien kanssa. (Product Manual, Marathon)

4.2 Hydraulimoottorien kunnossapito

4.2.1 Voitelunesteen valinta

Marathon-hydraulimoottori on suunniteltu toimimaan hydraulikkaöljyillä, jotka ovat mineraaliöljyperustaisia. Kun valitaan sopivaa voiteluainetta moottorille, tulee ottaa huomioon se, että voiteluöljyn tulisi sisältää hapettumisen-, syöpymisen- ja vaahtoamisenestoaineita. Koska voiteluöljy on mineraalipohjainen ja mineraaliöljyillä viskositeetti on riippuvainen lämpötilasta, tulee lopullista öljyä valitessa ottaa huomioon järjestelmän oletettu tai tunnettu käyttölämpötila. Liian korkea järjestelmän käyttölämpötila lyhentää merkittävästi öljyn ja kumitiivisteiden käyttöikää. Myös öljyn viskositeetti pienentyy, jolloin myös öljyn voitelukyky huomattavasti huononee. Öljyn vesipitoisuuden tulee olla hyvin alhainen, alle 0,1 %, mutta esimerkiksi teollisuudessa, jossa vaaditaan koneilta hyvin pitkää käyttöikää, tulee vesipitoisuuden olla alle 0,05 %. Viskositeettirajat on esitetty taulukossa 6. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Taulukko 6. Viskositeettirajat (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Viskositeettirajat	
Viskositeetti-indeksi	= 100 suositus = 150* kun lämpötilan vaihtelu on suuri
Pienin sallittu, jatkuva käyttö	40 cSt/187 SSU
Pienin sallittu, jaksoittainen käyttö	20 cSt/98 SSU**
Suurin sallittu	10 000 cSt/48000 SSU

* Monien viskositeetti-indeksiä parantavia aineita sisältävien hydraulikkaöljyjen viskositeetti voi alentua tilapäisesti ja pysyvästi.

Suosittelun viskositeetti käyntilämpötilassa on 40–150 cSt/187–720 SSU.

Lämpötilarajat käytetyille tiiviste materiaaleille on nähtävissä taulukossa 7.

Taulukko 7: Lämpötilarajat (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Lämpötilarajat	
Normaalin käyntilämpötilan on oltava alle +50°C	
Nitriilitiivisteet (vakio)	– 35°C – +70°C
Vitontiivisteet	– 20°C – +100°C
Silikonitiivisteet	– 60°C – +70°C

Pieni viskositeetti lyhentää moottorin käyttöikää ja pienentää Marathon-moottorin suurinta sallittua tehoa.

"Hydraulijärjestelmän öljy on suodatettava. Järjestelmän suodatusaste vaikuttaa suoraan käytettävien komponenttien kestoikään. Kun valitaan oikeanlaista suodatinta, tulee arvioida myös, montako likahiukkasta erotettuaan suodatin toimii vielä vähintään tyydyttävästi." (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Voiteluaine vaihdetaan tietyin väliajoin, joka selvinnee yleensä laitteelle tehdyn määräaikaistuksen avulla. Jos halutaan tietää tarkalleen, milloin tulee voiteluaine vaihtaa, on voiteluaineen puhtauden seuraaminen välttämätöntä. Öljyn puhtautta voidaan seurata esimerkiksi hiukkaslaskennan avulla. Öljystä otetaan pieni näyte ja se viedään analysoitavaksi. Kaukaan paperitehtaalla on pieni öljylaboratorio, jossa tutkitaan öljynäytteitä. Hiukkaslaskennassa käytettävä laskuri voi olla joko manuaalinen tai automatisoitu. (Keskustelu voiteluvastaavan Martti Huolmanin kanssa).

4.2.2 Vian etsintä

Moottori voi vikaantua monella eri tavalla. Yleisimpiä vikaantumismuotoja ja toimenpiteitä korjaamiseksi on havainnoitu taulukossa 8.

Taulukko 8. Vian etsintä (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Vika	Mahdollinen syy	Toimenpide
Moottori ei pyöri	Mekaaninen este käytössä	Tarkista järjestelmän paine. Jos paine on noussut paineenrajoitusarvoon, poista ylisuuri kuorma
	Moottori ei kehitä kuormaan nähden riittävää momenttia asetetulle paine-erolle	Tarkista järjestelmän maksimipaine ja korjaa paineasetus tarvittaessa
	Moottorille ei tule riittävää öljytuottoa	Tarkista hydraulijärjestelmä. Tarkista vuodot.
Moottori pyörii väärään suuntaan	Öljyn tuotto moottoriin on kytketty väärin	Vaihda pääliitäntöjen letkut tai vaihda muulla tavoin öljyn virtaussuunta
Moottori toimii nykien	Paine- tai tuotto heilahtelee järjestelmässä	Etsi värähtelyn syy. Vika voi olla myös mekaaninen
Äänet moottorissa	Liian alhainen syöttöpaine	Säädä syöttöpaine oikeaksi.
	Sisäiset viat moottorissa	Tutki vuotoöljy. Pane magneetti öljyyn ja tutki löytyy teräsmuruja
Ulkoiset öljyvuodot moottorissa	Kulunut akselitiiviste	Vaihda tiiviste

MB-moottorimalleissa yleisin vikaantuminen on nokkarenkaan kuluminen. Kuitulinjalla on kolme MB-moottoria hajonnut nokkarenkaan kulumisen vuoksi. Joissakin moottoreissa on ollut myös rullien akselipään kulumista. Ennen kuin MA-moottorimalleihin vaihdettiin uusi voiteluaine, moottorit vikaantuivat usein kartiomaisen painerullalaakerin hajottua.

5 ETELÄISEN MOOTTORIN TARKASTUS KAU1-L-009741

Ennen varsinaista vaihtotyön aloittamista, täytyy tehdä erilaisia tarkistuksia, joiden pohjalta suoritetaan tarvittavat esivalmistelut. Ensin tarkastetaan moottorin vaihdossa käytettävää nostopalkkia. Suoritetaan palkille erilaisia lujuuslaskuja, jotta nähdään, kestäkö palkki käytettävän kuorman. Lisäksi tarkistetaan nostopalkissa käytettävä siirtovaunu, käytettävä talja ja hoitotasoon tehtävät muutokset.

5.1 Nostopalkki GP-004769

Nostopalkin pituus on 3000 mm, ja palkin profiili on IPE-300. Palkin leveys on 150 mm ja korkeus 300 mm.(Liite 3). Palkki on tuettu toisesta päästään 200x200 neliöputkipalkkiin ja toisesta päästään hitsiliitoksella sulatuskuljettimen runkoon. Hitsiliitosta voidaan laskuissa tarkastella niveltukena. Laskuja varten tarvittavat arvot IPE-300-palkille löytyvät taulukosta 9.

Taulukko 9. Puolileveät I-tangot. (Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen & Suosara, lujuusoppi 2006.)

Puolileveät I-tangot IPE SFS 2029											
Tunnus	Koko		Poikkipin- nan ala <i>A</i> 10 ³ mm ²	Pituus- massa <i>m_f</i> kg / m	Vaippa- pinta <i>U</i> m ² / m	Staattiset arvot taivutusakseleille					
	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm				z - z			y - y		
						<i>I_z</i> 10 ⁶ mm ⁴	<i>W_z</i> 10 ³ mm ³	<i>i_z</i> mm	<i>I_y</i> 10 ⁶ mm ⁴	<i>W_y</i> 10 ³ mm ³	<i>i_y</i> mm
IPE 80	80	46	0,764	6,00	0,328	0,801	20,0	32,4	0,0849	3,69	10,5
IPE 100	100	55	1,03	8,10	0,400	1,71	34,2	40,7	0,159	5,79	12,4
IPE 120	120	64	1,32	10,40	0,475	3,18	53,0	49,0	0,277	8,65	14,5
IPE 140	140	73	1,64	12,90	0,551	5,41	77,3	57,4	0,449	12,3	16,5
IPE 160	160	82	2,01	15,80	0,623	8,69	109	65,8	0,683	16,7	18,4
IPE 180	180	91	2,39	18,80	0,698	13,2	146	74,2	1,01	22,2	20,5
IPE 200	200	100	2,85	22,40	0,768	19,4	194	82,6	1,42	28,5	22,4
IPE 220	220	110	3,34	26,20	0,848	27,7	252	91,1	2,05	37,3	24,8
IPE 240	240	120	3,91	30,70	0,922	38,9	324	99,7	2,84	47,3	26,9
IPE 270	270	135	4,59	36,10	1,04	57,9	429	112	4,20	62,2	30,2
IPE 300	300	150	5,38	42,20	1,16	83,6	557	125	6,04	80,5	33,5
IPE 330	330	160	6,26	49,10	1,25	117,7	713	137	7,88	98,5	35,5
IPE 360	360	170	7,27	57,10	1,35	162,7	904	150	10,4	123	37,9
IPE 400	400	180	8,45	66,30	1,47	231,3	1160	165	13,2	146	39,5
IPE 450	450	190	9,88	77,60	1,61	337,4	1500	185	16,8	176	41,2
IPE 500	500	200	11,6	90,70	1,74	482,0	1930	204	21,4	214	43,1
IPE 550	550	210	13,4	106,00	1,88	671,2	2440	223	26,7	254	44,5
IPE 600	600	220	15,6	122,00	2,01	920,8	3070	243	33,9	308	46,6

5.1.1 Tukivoimat ja maksimimomentti

Tarkastellaan nostopalkille kriittisintä tilannetta, eli jossa kuorma vaikuttaa suoraan nostopalkin keskellä. Lasketaan ensimmäiseksi tarvittavat tukivoimat ja maksimimomentti.

Nostopalkkiin vaikuttaa moottorin vaihdon aikana noin 3000 kg:n suuruinen voima, joka johtuu muun muuassa moottorin painosta, moottorin sisällä olevasta öljymäärästä, nostossa käytettävästä ketjutaljasta ja siirtovaunusta. Kilogrammat voidaan muuttaa Newtoniksi kaavan 1 avulla. (Toivanen, 2007.)

$$Kg * g = N \quad (1)$$

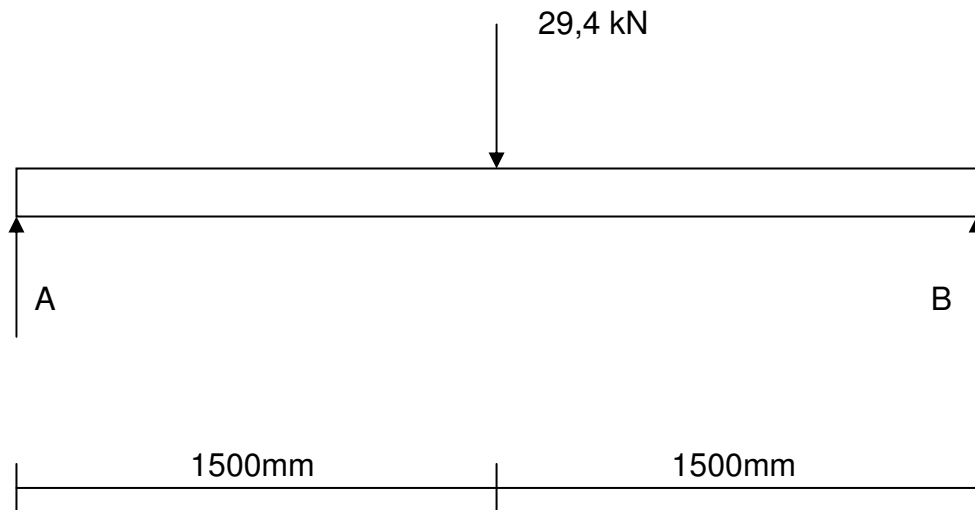
jossa:

g = putoamiskiihtyvyys

Kg = kuorma kilogrammoina

$$3000kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 29430N$$

Kuvassa 9 on nostopalkin vapaakappalekuva selventämään tukivoimien laskemista.



Kuva 9. VKK

Lasketaan tukivoimat kyseiselle tapaukselle. Tukivoima B saadaan laskemalla momentti tukipisteen A ympäri:

$$\begin{aligned} A &= -29,4kN * 1,5m + B * 3m = 0 \\ \Rightarrow B &= 14,72kN \end{aligned}$$

Koska kyseessä on symmetrinen tapaus, on tukivoima A yhtä suuri kuin tukivoima B. Nyt voidaan laskea maksimimomentti kaavalla 2. (Valtanen 2007: Maksimimomentti)

$$M_{MAX} = \frac{Fx}{2} \quad (2)$$

jossa:

F = kuorma muutettuna Newtoniksi

2 = vakio

$$M_{MAX} = \frac{Fx}{2} = \frac{29430N * 1,5m}{2} = 22,07kNm$$

5.1.2 Taivutuksesta aiheutuva normaalijännitys

Lasketaan sallittu normaalijännitys, jota käytetään vertailuarvona laskiessa taipuman aiheuttamaa poikkipinnan normaalijännitystä. Teräs on S355 ja varmuus on 1,5. Näin ollen sallittu normaalijännitys lasketaan kaavalla 3. (Toivanen, 2007)

$$\sigma_{SALL} = \frac{R_m}{n} \quad (3)$$

jossa:

R_m = teräksen vetomurtolujuus

n = varmuuskerroin

$$\sigma_{SALL} = \frac{355 \frac{N}{mm^2}}{1,5} = 236,667 \frac{N}{mm^2}$$

Taipuman aiheuttama poikkipinnan normaalijännitys lasketaan kaavalla 4. (Valtanen 2007: Poikkipinnan normaalijännitys)

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \quad (4)$$

jossa:

M = maksimimomentti

y = etäisyys painopiste akselilta

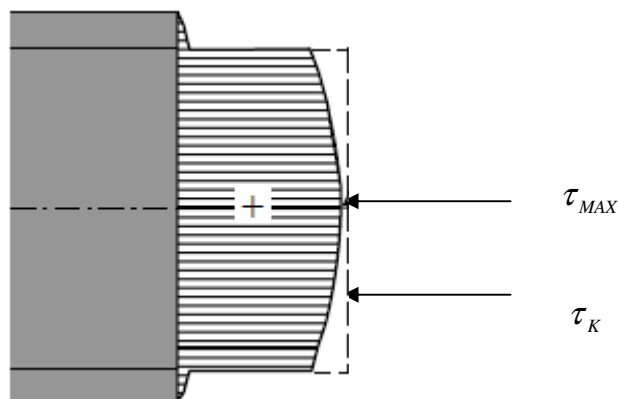
I = IPE-palkin jäyhyysmomentti

$$\sigma = \frac{M * y}{I} = \frac{22,07 * 10^6 \text{ Nmm} * 150 \text{ mm}}{83,6 * 10^6 \text{ mm}^4} = 39,59 \text{ N/mm}^2$$

Normaalijännitys jää yli viisi kertaa pienemmäksi kuin sallittu normaalijännitys.

5.1.3 Taivutuksesta aiheutuva leikkausjännitys

Palkin leikkausjännityksen τ jakauma on kuvan 10 mukainen:



Kuva 10. Leikkausjännityksen jakauma

Riittää, että tarkastellaan uuman leikkausjännitystä. Keskimääräinen leikkausjännitys saadaan kertomalla uuman paksuus uuman korkeudella. Uuman korkeus saadaan, kun vähennetään palkin korkeudesta laippojen paksuus. Lasketaan nyt sallittu leikkausjännitys kaavalla 5. (Valtanen 2007: Sallittu leikkausjännitys)

$$\tau_{SALL} = 0,6 * \sigma_M \quad (5)$$

jossa:

σ_M = sallittu normaalijännitys

$$\tau_{SALL} = 0,6 * \sigma_{SALL} = 0,6 * 236,667 \frac{N}{mm^2} = 142 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan keskimääräinen leikkausjännitys kaavalla 6. (keskimääräinen leikkausjännitys, lujuusopin kirja)

$$\tau = \frac{Q}{A_U} \quad (6)$$

jossa:

A_U = Uuman pinta-ala

Q = Leikkausvoima

$$\tau = \frac{Q}{A_U} = \frac{14720N}{7,1mm * 278,6mm} = 7,44 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan vielä maksimileikkausjännitys kaavalla 7. (Karhunen ym. Maksimileikkausjännitys)

$$\tau_{MAX} = \frac{Q * S}{I * b} \quad (7)$$

jossa:

Q = leikkausvoima

S = staattinen momentti

I = palkin jäyhyysmomentti

b = laipan paksuus

$$\tau_{MAX} = \frac{Q * S}{I * b} = \frac{14720N * 314 * 10^3 mm^3}{83,6 * 10^6 mm^4 * 7,1mm} = 7,78 N/mm^2$$

Kaavassa 7 käytettävän staattisen momentin S arvo saadaan tekniikan taulukkokirjasta sivulta 571 (Valtanen 2007). Saatu leikkausjännitys jää paljon pienemmäksi verrattuna sallittuun leikkausjännitykseen.

5.1.4 Taivutuksesta aiheutuva taipuma

Sallittu taipuma saadaan kaavalla 8. (Toivanen, 2008.)

$$\delta_{SALL} = \frac{L}{400} (8)$$

jossa:

L = palkin pituus

400 = vakio

$$\delta_{SALL} = \frac{L}{400} = \frac{3000mm}{400} = 7,5mm$$

Lasketaan taipuma kyseiselle tapaukselle kaavalla 9. (Taipuma, tekniikan taulukkokirja)

$$\delta = \frac{Fl^3}{48EI} (9)$$

jossa:

F = voima

l = palkin pituus

48 = vakio

E = teräksen kimmokerroin

I = palkin jäyhyysmomentti

$$\delta = \frac{Fl^3}{48EI} = \frac{29430N * (3000mm)^3}{48 * 210000 \frac{N}{mm^2} * 83,6 * 10^6 mm^4} = 0,94mm < \delta_{SALL}$$

Näin ollen palkin taipuma jää pienemmäksi kuin sallittu taipuma.

5.1.5 Maksimivoima nostopalkille

Lasketaan suurin sallittu kuorma ja voima F nostopalkille taivutuksen perusteella, kun sallittu taivutuksen aiheuttama normaalijännitys on $\sigma_{SALL} = 236,667 \frac{N}{mm^2}$. Suurin sallittu voima F saadaan kaavalla 10. (Toivanen, 2008.)

$$\sigma_{SALL} = \frac{M * y}{I} \Rightarrow M = \frac{\sigma_{SALL} * I}{y} \quad (10)$$

jossa:

y = etäisyys painopiste akselilta

I = palkin jäyhyysmomentti

M = maksimimomentti

σ_{SALL} = sallittu normaalijännitys

$$\sigma_{SALL} = \frac{M * y}{I} \Rightarrow M = \frac{\sigma_{SALL} * I}{y} = M = \frac{236,667 \frac{N}{mm^2} * 83,6 * 10^6 mm^4}{150mm} = 131,9kNm$$

Maksimivoima saadaan kaavan 2 avulla (ks. sivu 25) ja maksimikuorma kiloina käyttäen kaavaa 1 (ks. sivu 23)

$$M = \frac{F}{2} * 1,5m \Rightarrow F = \frac{M * 2}{1,5m} = 175,86kN \quad (1)$$

$$[kg] = \frac{175869,87N}{9,81 \frac{m}{s^2}} = 17927,6kg \quad (2)$$

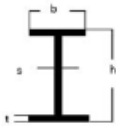
5.2 Uusi nostopalkki

Nostopalkki on hieman vinossa moottorin keskilinjaan nähden. Eroa on noin 10 mm. Ero ei ole niin suuri, että sen vuoksi pitäisi nostopalkkia siirtää sivusuunnassa. Ongelmaksi muodostuu siirtovaunun sijainti moottorin nostokorvien suhteen. Siirtovaunu on 324 mm pitkä ja se on asennettu palkin kuljettimen puoleiseen pätyyn. Siirtovaunun nostokorva ei osu samalle kohtaa moottorin nostokorvien kanssa, ja tästä syystä nostopalkkia tulee siirtää ylemmäs. Palkkia siirretään oman pituutensa verran ylöspäin eli 300 mm, jotta saadaan siirrettyä siirtovaunua noin 150 mm verran kohti sulatuskuljetinta. Nostopalkin siirtämistä varten ostetaan uusi ja edellistä pitempi nostopalkki. Koska nostopalkkia nostetaan ylöspäin, joudutaan korottamaan toisessa päädyssä olevaa neliöputkipalkkia, johon nostopalkki on tuettu. Tarvittava korotus saadaan aikaiseksi hitsaamalla olemassa olevaan neliöputkipalkkiin kiinni 200 mm leveä ja 300 mm korkea neliöputkipalkki. Korotuksen jälkeen hitsataan nostopalkki kiinni neliöputkipalkkiin ja lopuksi hitsataan lappu nostopalkin pätyyn, jotta rakenne saadaan jäykistettyä. Hitsataan sulatuskuljettimen runkoon noin 10 mm paksu levy, jonka pinta-ala on suurempi kuin nostopalkin. Nostopalkki hitsataan kiinni tähän levyyn. Tällä tavoin saadaan nostopalkin hitsaus kohtaa hiukan jäykemmäksi, joten sulatuskuljettimen tärinä ei pääse heikentämään nostopalkin rakennetta. Liitteissä 4-7 on havainnoitu uutta nostopalkkia ja nostopalkin asentamista.

5.2.1 Uuden nostopalkin kustannusarvio

Uuden nostopalkin pituus on 3300 mm. Kustannusarviota varten täytyy selvittää nostopalkin hinta. IPE-300-profiili painaa 42,20 kg/m ja hinta on 1,30 e/kg, joten metri maksaa 54,86 e. Hinnat löytyvät taulukosta 10. Uuden nostopalkin hinnaksi tulee $54,86e * 3,3m = 181,04e$. Kustannusarviota tehdessä otetaan huomioon myös nostopalkin kuljettaminen sulatuskuljettimen luokse, massan, GP-numeron ja muiden palkkitietojen maalaus palkkiin. Kaksi työmiestä riittää nostopalkin asentamiseen. Asennusaika on arviolta kaksi päivää ja tuntipalkka 50e/h. Kahden asennusmiehen vaativa kahden päivän asennustyö maksaa noin 50 e tuntipalkalla noin 1600 e. Kun siihen lisätään vielä palkin hankinnasta johtuva kustannus ja rahtaus työpisteellä, kokonaishinnaksi tulee lähemmäs 2000 euroa.

Taulukko 10:IPE-palkkien pituus-painomitat (Onninen: teräsluettelo)



IPE-palkit
IPE beams

S355J2
***S235JR**

EN 10 025
AR 10430

Mitat Dimensions	Kg/m Kg/m	Pituus Length	Pikakoodi Onni Code	Tuotekoodi Product No.
* 80	6,00	L=12 M	BD653	TIE080
* 100	8,10	L=12 M	BD654	TIE100
100	8,10	L=12 M	BD655	TIE1003
* 120	10,40	L=12 M	BD656	TIE120
120	10,40	L=12 M	BD657	TIE1203
* 140	12,90	L=12 M	BD658	TIE140
140	12,90	L=12 M	BD659	TIE1403
160	15,80	L=12 M	BD661	TIE1603
180	18,80	L=12 M	BD664	TIE1803
200	22,40	L=12 M	BD666	TIE2003
220	26,20	L=12 M	BD668	TIE2203
240	30,70	L=12 M	BD672	TIE2403
270	36,10	L=12 M	BD674	TIE2703
300	42,20	L=12 M	BD676	TIE3003
330	49,10	L=12 M	BD677	TIE3303
360	57,10	L=12 M	BD678	TIE3602
400	66,30	L=12 M	BD680	TIE4003
450	77,60	L=12 M	BD681	TIE4503
500	90,70	L=12 M	BD683	TIE5003

5.2.2 Maksimivoima uudelle nostopalkille

Lasketaan uudelle nostopalkille maksimikuorma, käyttämällä kaavoja 1,2 ja 10 (ks. sivut 23,25 ja 29)

Palkin muut mitat pysyvät samoina, mutta ainoastaan pituus muuttuu.

$$\sigma_{SALL} = \frac{M * y}{I} \Rightarrow M = \frac{\sigma_{SALL} * I}{y} = M = \frac{236,667 \frac{N}{mm^2} * 83,6 * 10^6 mm^4}{150mm} = 131,90 kNm$$

(10)

Nyt lasketaan maksimikuorma, kun tiedetään maksimimomentti.

$$M = \frac{F}{2} * 1,65m \Rightarrow F = \frac{M * 2}{1,65m} = 159,87 kN \quad (1)$$

$$[kg] = \frac{159870N}{9,81 \frac{m}{s^2}} = 16297,5 kg \quad (2)$$

5.3 Siirtovaunun tarkastaminen

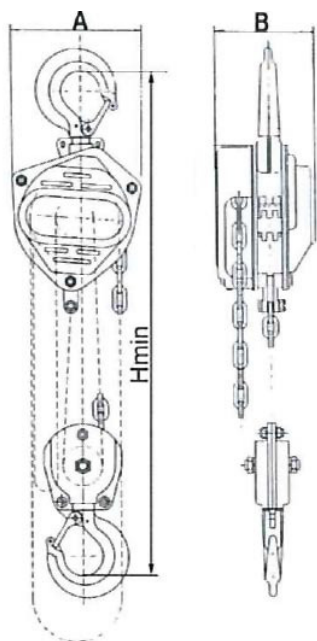
Moottorin irrotus ja asennustyöhön tarvitaan siirtovaunua. Siirtovaunu on kiinni nostopalkissa ja siihen kiinnitetään ketjutalja, jonka avulla moottorin nostotyö tapahtuu. Nostopalkissa on valmiina Kito Corporation -mallinen siirtovaunu, joka kuitenkin on 3 tonnin kuormille. Moottorin, momenttivarren, öljyjen ja itse taljasta johtuva yhteiskuorma on hieman alle 3000 kg, joten nykyinen siirtovaunu sopii käytettäväksi vaihtotyöhön. Mielellään uutta ja isompaa siirtovaunua ei kannata hankkia, koska nykyinen rakenne on suunniteltu juuri 3 tonnin siirtovaunulle. Jos käytetään suurempaa siirtovaunua, otetaan silloin tietoinen riski, koska hitsiliitokset ovat laskettu pienemmän siirtovaunun mukaan.

5.4 Ketjutiljan tarkastaminen

Moottorin vaihtamiseen tarvitaan myös ketjutiljaa. Ketjutiljaa valitessa on rajoittavina tekijöinä kuorma 3 tonnia ja nostomatka, joka on noin 8 – 10 metriä. Sellun työkaluvarastossa on 5 ja 6 tonnin ketjutiljoja, mutta kyseisillä taljoilla jää nostomatka lyhyeksi. Lisäksi ei voida käyttää 5 tai 6 tonnin ketjutiljoja, jos siirtovaunu on mitoitettu 3 tonnille. Selvittämällä asiaa sain selville, että paperitehtaan varastossa on 2 kappaletta 3000 kg ketjutiljoja, joilla on nostokorkeus aina 8 metriin asti, lisäksi paperin varastosta löytyy 2 kappaletta 6000 kg ketjutiljoja, mutta näillä on nostokorkeus vain 6 m. Varastossa olevat 3 tonnin ketjutiljat sopivat vaihtoon hyvin. Ketjutiljojen nostokorkeus riittää hyvin, koska moottorit lasketaan suoraan alhaalla odottavaan kuorma-autoon.

Toinen vaihtoehto on uuden ketjutiljan hankkiminen. Esimerkiksi Haklift ABT oy:ltä saa ostettua sopivia käsiketjutiljoja. *ABT käsiketjutiljat tehty raskaaseen ammattikäyttöön. Koot vaihtelevat 250 - 20 000kg. Vakionostokorkeus 3m, tilauksesta muut nostokorkeudet. Kaikki taljat testattu 1,5 kertaisella kuormalla työkuormaan nähden. Suurin työkuorma saavutetaan kohtuullisen pienellä käsivoimalla CE- merkittyjä. Pintakäsittely kirkas keltainen maalaus. Takuuaika 1/2 vuotta.* (Haklift ABT Oy: käsiketjutiljat)

Kuvassa 11 on esitetty ABT:n käsiketjutilja ja taulukossa 11 kyseisen käsiketjutiljan mitat.



Kuva 11. ABT- käsiketjutilja. 2000 – 5000 kg.

Taulukko 11. Käsiketjutiljan mitat.

Työkuorma kg	Ketjuluku	Paino 3 m:n nostolla kg	Ketju mm	A mm	B mm	Hmin mm	Tuotekoodi
250	1	4	4x12	105	105	245	KTABT250
500	1	10	6x18	131	127	270	KTABT500
1000	1	12	6x18	140	158	317	KTABT1000
2000	2	24	6x18	161	187	414	KTABT2000
3000	2	32	8x24	161	210	465	KTABT3000
5000	2	46	10x30	184	253	636	KTABT5000

Siirtovaunun ja moottorin nostokorvien välinen ero on 1100 mm. Koska ABT-käsiketjutiljan koukkujen kitojen välillä on 465 mm, joten tilaa jäisi vielä reilut 635 mm, jolloin myös voidaan käyttää vaakaa. Etsiessäni sopivaa ketjutiljaa vaihtoon löysin vanhalla massatehtaalta paineilmaketjutiljan, joka on esitetty kuvassa 12. Paineilmaketjutilja on tarkoitettu 6 tonnin kuormalle, ja nostokorkeutta löytyy aina 35 metriin asti.



Kuva 12. Paineilmaketjutilja

Paineilmaketjutiljan käytön suhteen voi ongelmaksi tulla "ylisuuri" kapasiteetti siirtovaunuun nähden. Mikäli venttiili jumittuu, voi nostolaite kohdistaa siirtovaunuun koko 6 t kapasiteetin, jolloin siirtovaunu ei enää kestä siihen kohdistuvaa kuormaa. Tämä voidaan ehkäistä käyttämällä esimerkiksi paineenrajoitusventtiiliä.

5.5 Nostokorviin kiinnitettävä tappi

Moottorin nostokorvien ero on 191 mm. Nostokorvien halkaisija on noin 47 mm. Käytetään putkea, jonka pituus on 200 mm ja halkaisija 45mm. Liitteissä 8 ja 9 on esitelty nostotappi ja siihen sisältyvä holkki. Putken kumpaakin päähän porataan noin 10 mm reiät, joihin tulee rengassokat. Lisäksi ainesputkista tehdään kaksi erillistä holkkia, joilla estetään putken keskelle asennettavaa sakkelia liikkumasta keskeltä. Tapin kestävyyttä tarkastetaan

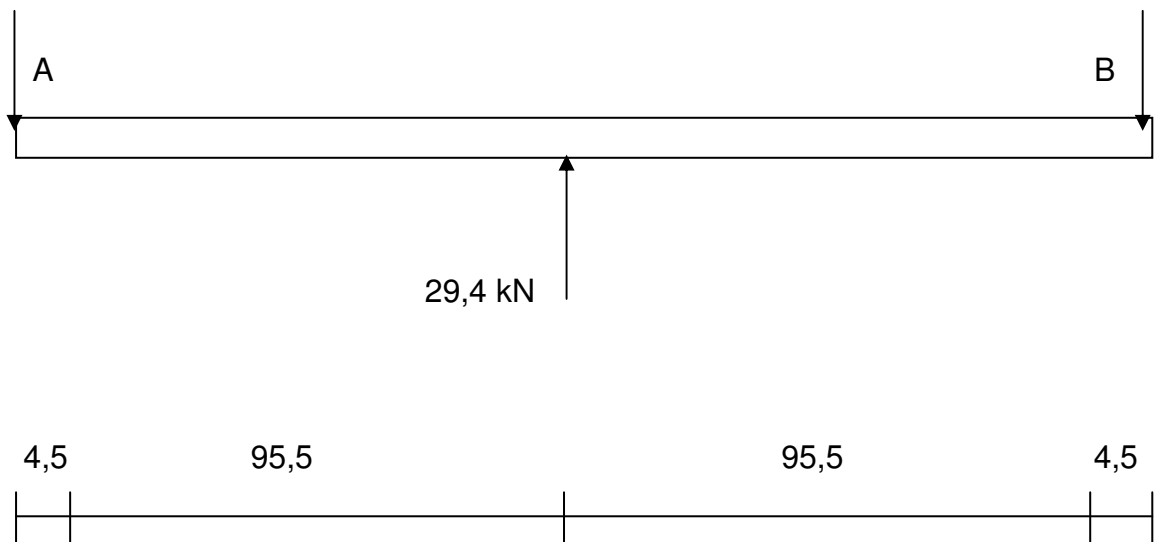
laskemalla palkkiin kohdistuvat normaali- ja leikkausjännitykset sekä taipuma.

Jos tappi tehdään teräksestä S355, on sallittu normaalijännitys kaavan 3 mukaan. (ks. sivu 25)

$$\sigma_{SALL} = \frac{355 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 236,67 \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

5.5.1 Maksimimomentti

Ennen maksimimomentin laskemista lasketaan vapaakappalekuvan perusteella tappiin vaikuttavat tukivoimat. Kuvassa 13 on nostotapin vapaakappalekuva laskuja varten.



Kuva 13. VKK, nostotappi

Tukivoima B saadaan laskemalla momentti tukipisteen A:n ympäri:

$$A = -29,4kN * 0,0095m + B * 0,191m = 0$$
$$\Rightarrow B = 14,7kN$$

Koska kyseessä ovat symmetriset tukivoimat, on tukivoima A yhtä suuri kuin tukivoima B.

Lasketaan maksimimomentti kaavalla 2. (ks. sivu 25)

$$M_{MAX} = \frac{Fx}{2} = \frac{29,4kN * 0,0955m}{2} = 1,40kNm \quad (2)$$

5.5.2 Normaalijännitys

Lasketaan ensin tapille jäyhyysmomentti I ja taivutusvastus W . Pyöreille kappaleille saadaan jäyhyysmomentti ja taivutusvastus laskettua suoraan annettujen kaavojen perusteella.

Jäyhyysmomentti lasketaan kaavalla 11. (Valtanen 2007: Jäyhyysmomentti)

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (11)$$

jossa:

d = halkaisija

64 = vakio

I = jäyhyysmomentti

π = pii

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi * (45mm)^4}{64} = 201,28 * 10^3 mm^4$$

taivutusvastus lasketaan kaavalla 12. (Valtanen 2007: Taivutusvastus, tekniikan)

$$W = \frac{\pi d^3}{32} (12)$$

jossa:

32= vakio

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi * (45mm)^3}{32} = 8,946 * 10^3 mm^3$$

Nyt voidaan laskea normaalijännitys kaavalla 4. (ks. sivu 25)

$$\sigma = \frac{M * y}{I} = \frac{1,40 * 10^6 Nmm * 15mm}{201,28 * 10^3 mm^4} = 156,49 N/mm^2 (4)$$

Normaalijännitys jää pienemmäksi kuin sallittu arvo on.

5.5.3 Leikkausjännitys

Sallittu leikkausjännitys on laskettu kohdassa 5.1.3 taivutuksesta johtuva leikkausjännitys. Sallittu leikkausjännityksen arvo on $\tau_{SALL} 142 N/mm^2$.

Leikkausjännitys pyörötangolle lasketaan kaavalla 6. (ks. sivu 27)

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{14700N}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = 9,24 N/mm^2 (6)$$

$$\tau_{MAX} = 2 * \left(\frac{Q}{A}\right) = 18,48 N/mm^2$$

Maksimileikkausjännitys kohdistuu tangon keskikohtaan.

5.5.4 Taipuma

Lasketaan nostotapille taipuma ja verrataan sitä sallittuun taipumaan. Sallittu taipuma saadaan kaavalla 8. (ks. sivu 28)

$$\delta_{SALL} = \frac{L}{400} = \frac{191mm}{2} = 0,4775mm \quad (8)$$

Taipuma lasketaan kaavan 9 mukaan. (ks. sivu 28)

$$\delta = \frac{Fl^3}{48EI} = \frac{29430N * (191mm)^3}{48 * 210000 \frac{N}{mm^2} * 125,663 * 10^3 mm^4} = 0,101mm \quad (9)$$

Taipuma jää alle sallitun arvon.

Jos ei käytetä nostotappia, käytetään moottorin nostossa 2-haaraista kettinkiraksia, joka kestää vähintään 3 tonnin kuorman.

5.5.5 Maksimivoima nostotapille

Nostotapille lasketaan maksimikuorma käyttämällä kaavoja 1,2 ja 10 (ks. sivut 23,25 ja 29)

$$\sigma_{SALL} = \frac{M * y}{I} \Rightarrow M = \frac{\sigma_{SALL} * I}{y} = M = \frac{236,667 \frac{N}{mm^2} * 201,28 * 10^3 mm^4}{22,5mm} = 2,11kNm \quad (10)$$

Nyt lasketaan maksimikuorma, kun tiedetään maksimimomentti.

$$M = \frac{F}{2} * 0,1m \Rightarrow F = \frac{M * 2}{0,1m} = 42,34kN \quad (1)$$

$$[kg] = \frac{42343,40N}{9,81 \frac{m}{s^2}} = 4316,35kg \quad (2)$$

Nostotappi kestää 4316,35 kg:n kuorman.

5.6 Ympäristömuutokset

Moottori sijaitsee hyvin hankalassa paikassa, jonka vuoksi moottorin vaihtoa tai huoltoa ei ole pystytty suorittamaan kuluneen 13 vuoden aikana. Moottorin alapuolella on hoitotaso, jonka alapuolella sijaitsee muun muassa sähkölistat, kaksi kappaletta höyryputkia, sähköjohtoja ja muutama pienempi putki. Moottorin yläpuolella on nostopalkki, jonka avulla moottori irrotetaan ja asennetaan. Ennen kuin moottori voidaan vaihtaa, täytyy hoitotasoon tehtävä muutoksia, jotta moottori voidaan irrotuksen jälkeen laskea alas asti. Hoitotaso on tuettu erilaisilla palkeilla.

Moottorin yläpuolella oleva nostopalkki on profiililtaan IPE-300, ja palkin avulla moottorin vaihto suoritetaan. Nostopalkki on tuettu toisesta päästään 200x200 profiiliseen neliöpalkkiin, ja toisesta päästä nostopalkki on tuettu hitsaamalla sulatuskuljettimen runkoon. Sulatuskuljettimen rungosta täytyy poistaa vahvistuksia, jotta nostolaite saadaan vaunusta suunnilleen suoraan moottorin nostokorviin tai sakkeliin, joka on kiinnitettynä nostotappiin. Vahvistuksista tulisi poistaa ainakin noin 200x200 mm suuruinen alue pois.

5.6.1 Hoitotason tukipalkkien muutokset

Hoitotason leveys kokonaisuudessaan on noin 2660 mm. Alue, jolle muutoksia tehdään, on noin 2100 mm leveä. Tälle alueelle tehdään nostoaukko, moottorin vaihtoa varten. Tiedetään, että moottori on leveys suunnassa 1288 mm, joten noin 1700 mm alue on riittävä, koska momenttitukea ei nosteta samaan aikaan pois moottorin kanssa. Momenttituki irrotetaan ensin ja kiinnitetään nostoliinojen avulla sulatuskuljettimen rungossa olevaan ”siipeen”. Moottori on 880 mm pitkä, joten pituussuunnassa 1070 mm pituinen alue on riittävä.

Hoitotason muutoksia miettiessä rajoittavana tekijänä on hoitotason alapuolella oleva sähkölista, joka jätetään nykyiselle paikalleen. Sähkölistasta hoitotason tehtaan puoleiseen päätyyn on matkaa 550 mm. Lisäksi tarkoituksena olisi, että moottoria lähempänä oleva toinen höyryputki jätetään paikalleen. Moottorin alapuolelta on noin 280 mm matkaa lähimpään höyryputkeen, jota ei siirretä. Koska toinen höyryputki jätetään paikalleen, nostoaukkoa ei voida suoraan tehdä moottorin alapuolelle. Koska toinen höyryputki siirretään, voidaan nostoaukko tehdä ensimmäisen höyryputken läheisyyteen. Hoitotasoa tukee pituussuunnassa 3 erikokoista tukipalkkia. Suoraan moottorin alapuolella ja toisessa reunassa on noin 20 mm korkeat lattaraudat. Lisäksi hoitotasoa tukee pituussuunnassa keskellä noin 80x80 kulmarauta, jonka suojissa kulkee putki, jonka sisällä kulkee sähköjohto, joka johtaa hätä seis -painikkeelle. Leveyssuunnassa hoitotasoa tukee putkiprofiili, jonka mitat ovat 90x170. Lisäksi on pienempi tuki leveyssuunnassa, joka on tuettu keskimmäiseen tukeen. Keskellä oleva kulmarauta joudutaan siirtämään nostoaukon tieltä. Tämä tuki on pituudeltaan liian suuri siirrettäväksi kokonaan, koska toisessa reunassa vastaan tulisi rappuset. Onkin järkevää, että keskimäinen tukipalkki katkaistaan siitä kohdasta, jossa se on tuettu leveyssuunnassa olevaan putkiprofiiliin. Liitteessä 10 on esitetty tukipalkkien rakenne. Toisesta päädyistä tukipalkki leikataan irti, joten tämä 2500 mm pitkä katkaistu tukipalkki siirretään 250 mm oikeaan laitaan ja hitsataan kiinni pienahitsillä sekä hoitotason päätyyn että leveyssuunnassa olevaan tukeen. Myös sivusuunnassa oleva lyhyempi tuki joudutaan lyhentämään 250 mm verran. Kulmaraudan sisällä kulkeva sähköjohto tulee siirtää. Jos mahdollista, uusi reitti olisi kulmaraudan uusi sijainti eli 250 mm verran oikealle.

Sulatuskuljettimen runkoa pitkin kulkevat sähköjohdot sijaitsevat tällä hetkellä nykyisen leveyssuuntaisen poikkituen alapuolella ja vieressä. Jos sähköjohtoja halutaan siirtää, ne voitaisiin siirtää kulkemaan moottorin alapuolella olevan lattaraudan kautta. Sähköjohdot kulkisivat lattaraudan kautta aina hoitotason toiseen päähän asti, joten niiden lopullinen reitti kulkisi lähellä sähkölistaa. Sähköjohtoja ei ole pakko siirtää, mikäli nostoaukko tehdään näiden sivusta.

5.6.2 Höyryputken siirtäminen

Höyryputkien nykyinen sijainti on ongelmallinen nostoaukon suhteen. Toinen putki on pakko siirtää. Höyryputkea ei voida siirtää alaspäin, koska silloin ongelmaksi tulevat erinäiset vesiongelmat. Lauhdevettä rupeaisi muodostumaan, ja sen poistaminen aiheuttaisi ylimääräisiä kustannuksia. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää putken siirtäminen sivusuunnassa. Paras vaihtoehto putken siirrolle on se, että putki siirrettäisiin kulkemaan sähkölistan yläpuolelle. Höyryputkien luona kulkee pienempi putki, joka päätettiin siirtää sähkölistan kanssa samalle puolelle. Höyryvesiputki kulkisi sähkölistan yläpuolella ja tekisi kolme käännöstä. Ensimmäinen käännös on alussa, kun putki sijoitetaan sähkölistaan, ja kaksi muuta lopussa, kun putki asetetaan kulkemaan samalle linjalle lähtönsä kautta. Höyryputken siirtäminen on esitetty liitteessä 11.

5.6.3 Ritiä

Hoitotason ritiät ovat leveyssuunnassa kokonaisia. Aukon kohdalla on 1000 mm ja 500 mm leveät kaistaleet, jotka ovat noin 2100 mm pitkiä. Koska nostoaukko tarvitsee leveyssuunnassa 1700 mm, pitää hoitotasosta katkaista halutun mittaiset kaistaleet tai vaihtoehtoisesti irrottaa kokonaan tältä alueelta hoitotason ritiät. Jos ritiästä katkaistaan halutun mittaiset palat, katkaisukohta on sähkölistan viereen siirretyn kulmaraudan keskikohta. Jäljelle jäävä hoitotason pala on tuettuna sekä kulmarautaan että hoitotason päädyssä olevaan lattarautaan. Kun moottorin vaihto on suoritettu, ritiät voidaan liittimillä kiinnittää yhteen taas. Toisessa laidassa on vielä yli metrin levyinen ja 2660 mm pitkä ritiä. Tästä joudutaan katkaisemaan vielä noin 200 mm jotta saadaan nostoaukkoa varten tarpeeksi tilaa. Tässäkin tapauksessa katkaisukohtana ovat sekä lattaraudan että kulmaraudan keskikohdat, jolloin jäljelle jäävät osat ovat tuettuna. Uusia paloja ei tarvitse hankkia, koska vanhoja voidaan käyttää. Liitteessä 11 näkyy ritiät yhdessä putkimuutoksen kanssa.

Tarkastellaan vielä jäljelle jäävän palan kuormituksen kestävyyttä, mikäli koko aluetta ei eristetä.

Ritilän kuormitusta tarkastellaan kaavan 13 avulla. (Finn-ritilät)

$$f = \frac{P_v}{P} * fP \quad (13)$$

jossa:

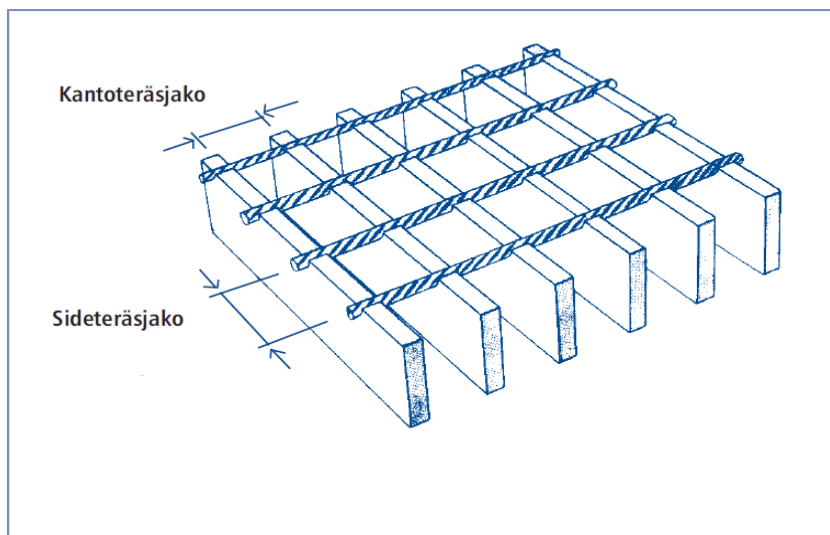
f = valittua kuormitusta vastaava taipuma (mm)

P_v = valittu kuormitus kN

P = suurin sallittu pistekuorma liitteen 7 mukaan, joka kohdistuu 200x200 mm:n alueelle (kuva 15)

fP = taipuma (mm) kuormalla P liitteen 12 mukaan

Mittasin hoitotason kantoteräsjakon, joka on 41mm. (kuva 14)



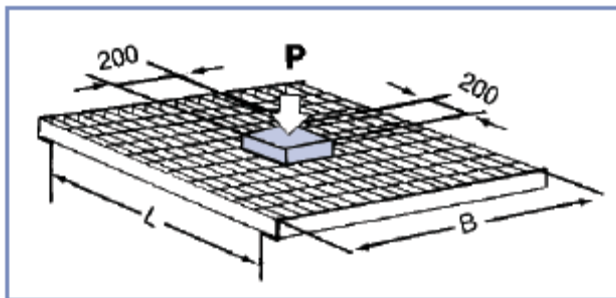
Kuva 14. Kantoteräsjako (Finn-ritilät)

Kantoteräksen mitat ovat 30x3 eli 30 mm korkea ja 3 mm paksu. Nyt voidaan valita liitteestä 7 oikeat arvot laskua varten.

Lasketaan ensin vielä valittu kuorma kaavalla 1 (ks. sivu 23), kun oletetaan, että pistekuormana vaikuttaa 150 kg painoinen henkilö.

$$150\text{kg} * 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1471,5\text{N} \quad (1)$$

$$f = \frac{1471,5\text{N}}{4700\text{N}} * 2,1\text{mm} = 0,657\text{mm} \quad (13)$$



Kuva 15. Pistekuorma (Finn-ritilät)

Kuvasta 16 saadaan vertailuarvo lasketulle taipumalle.

Oranssi

Finn LT-ritilän taipuma $f_Q < 1/200$ jännevälistä tasaisesti jaetulla kuormalla 4 kN/m^2 .

Sininen

Finn-ritilän taipuma $f_Q < 1/200$ jännevälistä tasaisesti jaetulla kuormalla 4 kN/m^2 .

Punainen viiva

Viivan vasemmalla puolella taipuma $f_P < 1/200$ jännevälistä, kuitenkin enintään 4 mm pistekuormalla $1,5\text{ kN}$. Katkoviiva pätee Finn LT-ritilälle.

Kuva 16. Sallittu taipuma ritilälle. (Finn-ritilät)

Jänneväli on 650 mm , mutta valitaan jänneväliksi liitteen 7 mukaan 600 mm . Sallittu taipuma on kuvan 16 mukaan:

$$fP = \frac{1}{200} * 650mm = 3,25mm .$$

Hoitotaso kestää kävelemisen, vaikka siitä irrotettaisiin tietyn mittainen pala.

6 TYÖN TURVALLISTAMINEN

Moottorin vaihdossa käytetään sekä nostolaitteita että nostoapuvälineitä. Nostotalja, jota vaihdossa käytetään, luokitellaan nostolaitteeksi riippumatta siitä, onko käytettävä nostotalja kone- vai käsikäyttöinen. Nostoapuvälineellä tarkoitetaan erillistä laitetta tai komponenttia, jota ei ole kuitenkaan kiinnitetty pysyvästi nostolaitteeseen ja jota käytetään nostolaitteen ja taakan välissä tai joka on kiinnitetty kuormaan, jotta siihen voidaan tarttua. Vaaka ja 2-haarainen ketjuraksi luokitellaan täten nostoapuvälineeksi. Mahdollinen nostotappi, jota nostossa käytetään, on irtaimiksi luokiteltu nostoapuväline. Aikaisemmin konepääatöksen mukaan irtaimiksi nostoapuvälineiksi luokitettuihin nostoapuvälineisiin ei ole tarvittu esimerkiksi CE-merkintää. Joulukuussa 29.12.2009 voimaan tulleen koneasetuksen mukaan raksien komponentit luokitellaan nostoapuvälineiksi. Raksien komponentteja ovat muun muassa nostokorvakkeet, nostosilmukat ja sakkelit. Turvallisuuden kannalta tärkeintä on kuitenkin suurimman sallitun kuorman selvittäminen. (Nostoapuvälineet, turvallisuus. Työsuojeluhallinto, Tampere. 2009)

Nostoapuvälineiden rakennetta koskevat vaatimukset on esitetty koneiden turvallisuutta koskevassa valtioneuvoston päätöksessä (1314/1994 muutoksineen), konepääatöksessä, joka tuli voimaan v.1995 alussa. Konepääatöksen mukaiset menettelyt koskevat siis 1.1.1995 jälkeen käyttöön otettuja ja markkinoille saatettuja nostoapuvälineitä. 29.12.2009 alkaen konepääatöksen korvaa valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008), myöhemmin koneasetus. Konepääätös sekä sen korvaava koneasetus edellyttävät, että nostoapuvälineen valmistaja tai valmistajan Euroopan talousalueelle sijoittuneen edustajan tai

sen, joka kokoaa valmiista komponenteista nostoapuvälineen, on laadittava nostoapuvälineestä vaatimustenmukaisuusvakuutus ja kiinnitettävä siihen CE-merkintä. Vaatimustenmukaisuusvakuutus voidaan antaa myös tuote-erää koskien.(Nostoapuvälineet, turvallisuus. Työsuojeluhallinto, Tampere. 2009)

Nostoapuvälineiden turvallisesta käytöstä huolehditaan käyttöasetuksella, joka on säädetty valtioneuvoston asetuksella työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. Käyttöasetuksen luvussa 3 annetaan yleiset määräyksen koskien nostotyössä käytettävien työvälineiden valinnasta ja turvallisesta käytöstä. Käyttöasetuksen 5 § antaa määräykset koskien nostoapuvälineiden toimenpiteistä, joilla varmistetaan työssä käytettävien nostoapuvälineiden toimintakunto. Käyttöasetuksen mukaan kaikki työvälineet, joita nostossa käytetään, tulee pitää riittävällä kunnossapidolla turvallisina niiden käyttöajan ajan. Asetus lisäksi edellyttää, että nostovälineille suoritetaan säännöllisiä tarkastuksia ja testauksia koekuormilla, jotta voidaan seurata työvälineiden toimintakuntoa. (Nostoapuvälineet, turvallisuus. Työsuojeluhallinto, Tampere. 2009)

Turvallinen työskentely alkaa jo nostotyön suunnittelulla. Nostotyön suunnittelulla ja oikeiden nostoapuvälineiden valitsemisella, voidaan ennalta ehkäistä suurimpia vaaratilanteita. Nostosuunnitelman laadintaan kuuluu nostoapuvälineiden tarkastelu, miten ja millä nosto suoritetaan sekä nostokohdan suunnittelu. Myös vaihto-ohjeen tekeminen kuuluu nostosuunnitelman tekemiseen.

Moottorin vaihdossa tulee käyttää tarkoituksen mukaista nostolaitetta, jolla on riittävä suorituskyky. Nostolaitteen nostokyvyn tulisi olla vähintään 10–15 % suurempi kuin nostettava kuorma. Jos käytetään nostossa kettinkiraksia, tulee valita riittävän pitkä raksi, joka takaa turvallisen nostokulman, estää ylikuormituksen ja kestää moottorin painon. Tärkeää on huolehtia nostovälineiden tarkastuksesta ennen noston aloittamista.

Ennen varsinaista nostotyötä, tulee nostotyön suorittavalle järjestää opastus turvalliseen nostotyöhön mahdollisten työtapaturmien välttämiseksi. Vastuut ja vastuualueet täytyy olla tarkasti selvitettyinä. Nostotyön tekijän, joka on saanut riittävän perehdyttämisen työhön, tulee noudattaa annettuja ohjeita, määräyksiä ja yleistä varovaisuutta. Mikäli työntekijä havaitsee puutteita turvallisuudessa tai mahdollisia vikoja, tulee työntekijän raportoida siitä työnjohdolle, ja mahdollisesta vaaratilanteesta on tehtävä kirjallinen ilmoitus.

Nostossa on syytä kiinnittää seuraaviin asioihin huomiota. Nosturin tai nostoapuvälineen koukussa on oltava salpa tai vastaava luotettava varmistus mekanismi, kuten itselukkiutuva koukku. Kuorma ja painopiste ovat tunnettava. On käytettävä riittävän tehokkaita nostolaitteita, joilla on tarpeeksi nostokorkeutta. Missään tapauksessa ei saa nostettavaa kuormaa siirtää henkilöiden yli, eikä kuormaa saa myöskään jättää roikkumaan nostoapuvälineiden varaan. On vältettävä nykivää kuormitusta, sivuvetoja- ja nostoja, eikä saa laahata.

Käytettäessä kettinkiraksia, tulee raksissa olla merkintälevyke, jossa on ilmoitettu suurimmat sallitut kuormat eri kuormitustilanteissa. Ennen käyttöönottoa tulee raksille suorittaa silmämääräinen tarkastus, jotta varmistutaan siitä, että raksi on turvallinen käyttää.

Nostosilmukkaruuvit ja sakkelit ovat luokiteltu irtaimiksi nostoapuvälineiksi. Niissä tulee olla merkittynä suurin sallittu kuorma. Jos sitä ei ole merkittynä, tulee olla olemassa käyttöohje, josta ilmenee sallitut kuormat ja mahdolliset käyttöä rajoittavat tekijät. Kummallekin tehdään ennen käyttöön ottoa silmämääräinen tarkastus. Sakkelia käytettäessä tulee sakkelin tappi kiertää aina loppuun asti kiinni. Sakkelin kuormituksen tulisi kohdistua kohtisuoraan tappia vastaan.

Tärkeää on, että moottorin vaihdossa moottori on joka tilanteessa tasapainossa ja noston tulee olla hallittua. Erityisen tärkeää on, ettei nostettavan kuorman

alapuolella oleskella. Varmistaakseen tasapainoisen noston, tulee olla selvillä moottorin painosta, nostoasennosta ja painopisteestä.

Käännetään kytkimet 0-asentoon ja lukitaan ne siihen. Otetaan valvomoon yhteys ja suoritetaan ensin koekäynnistys. Tällä varmistetaan, että kuljetin ei lähde käyntiin, koska lukitus voi hyvin pettää. Tarvittavat putket irrotetaan, ettei lähellä olevissa putkistoissa ole painetta. Tehtäessä muutoksia hoitotasoon varmistetaan, että ritilätason jakopinnat tulevat tukipalkkien päälle, jolloin rakenne on tukeva. Moottorin vaihdon ajaksi, jolloin hoitotasossa on aukko, tulee aukon ympäristö eristää, jolloin putoamisvaaraa ei ole. Aukon lähellä oleviin rakennetta tukeviin tukipalkkeihin asennetaan pienet ainesputkipalat, joihin kiinnitetään erilliset, väliaikaiset kepit. Keppien ympäri kiertää ketju, joka eristää aukon ympäristön. Väliaikaiset kepit tulee olla väritykseltään esimerkiksi kelta-mustat, jolloin kepit pystytään erottamaan hämärässäkin. Kepit säilytetään hoitotason luona, jolloin ne ovat nopeasti saatavilla. Nostossa tulee käyttää tarkistettuja ja hyväkuntoisia nostoapuvälineitä. Noston aikana ei saa oleskella moottorin alapuolella. Noudatetaan yleisiä turvallisuusohjeita. (Sosiaali-ja terveysministeriö)

7 POHJOISEN MOOTTORIN TARKASTUS KAU1-L-009742

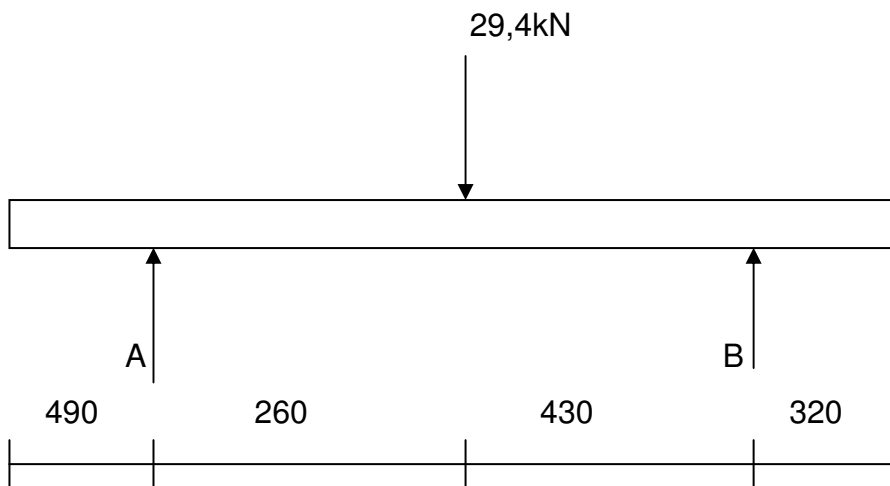
7.1 Nostopalkit

Nostopalkki 1,5 m

Pohjoispuolella sijaitseva nostopalkki on profiililtaan IPE-300. Palkin tarkemmat mitat löytyvät liitteestä 2. Palkki on 1500 mm pitkä ja se on tuettu kahdesta 160x160 neliöpalkin muotoisesta palkista hitsiliitoksen avulla. Laskuja varten tarvittavat arvot IPE-300-palkille löytyvät taulukosta 9, sivu 23.

Palkkiin kohdistuu kokonaisvoima, joka on suuruudeltaan 3000 kg joka vastaa 29430 N:n suuruista voimaa. Palkin kestävyys suhteen on kriittisintä, jos kokonaiskuorma kohdistuu suoraan palkin keskelle. Seuraavaksi tarkastellaan palkin kestävyyttä tässä tilanteessa.

Piirretään ensin vapaakappalekuva, joka helpottaa tukivoimien laskemista. Vapaakappalekuva on esitetty kuvassa 17. Palkin koko pituus on 1500 mm, ja voima vaikuttaa keskellä eli 750 mm päästä palkin reunasta. Tukipisteiden etäisyydet palkin reunasta ovat 490 mm ja 1180 mm.



Kuva 17. Nostopalkin VKK

Lasketaan tarvittavat tukivoimat. Tukivoiman B suuruuden saa laskemalla momentin tukipisteen A ympäri:

$$A = -31400N * 0,260m + B * 0,690m = 0$$

$$\Rightarrow B = \frac{31,4kN * 0,260m}{0,690m} = 11,83kN$$

Tukivoima A saadaan laskemalla momentti tukipisteen B ympäri:

$$\begin{aligned} B &= 31,4kN * 0,430m - A * 0,690m = 0 \\ \Rightarrow -A &= \frac{-31,4kN * 0,430m}{0,690m} = -19,56kN \\ -19,56kN * (-1) &= 19,56kN = A \end{aligned}$$

Nyt tiedetään tukivoimat. Maksimimomentti vaikuttaa pistevoiman kohdalla. Maksimimomentin suuruus lasketaan kaavalla 13. (Valtanen 2007: Maksimimomentti)

$$M_{\max} = \frac{F * a * b}{l} \quad (13)$$

jossa:

a = Tukivoima A:n etäisyys voimasta

b = Tukivoima B:n etäisyys voimasta

$$M_{\max} = \frac{F * a * b}{l} = \frac{29,43kN * 0,260m * 0,430m}{0,690m} = 4,77kNm$$

Palkki on S355 terästä ja halutaan varmuudeksi 1,5 Täten sallittu normaalijännitys lasketaan kaavalla 3. (ks. sivu 25)

$$\sigma = \frac{355 \frac{N}{mm^2}}{1,5} = 236,667 \frac{N}{mm^2} \cdot (3)$$

Taipuman aiheuttama poikkipinnan normaalijännitys lasketaan kaavalla 4. (Sivu 25)

$$\sigma = \frac{M * y}{I} = \frac{4,77 * 10^6 Nmm * 150mm}{83,6 * 10^6 mm^4} = 8,55 \frac{N}{mm^2} \cdot (4)$$

Laskemalla saatu normaalijännitys on pienempi kuin sallittu normaalijännitys.

Tarkastellaan palkin kestävyyttä taipuman suhteen. Lasketaan ensin sallittu taipuman arvo kaavalla 8. (ks. sivu 28)

$$\delta_{SALL} = \frac{L}{400} = \frac{1500mm}{400} = 3,75mm . (5)$$

Kuorman aiheuttama taipuma palkille lasketaan kaavalla 14. (Valtanen 2007: Kuorman aiheuttama taipuma)

$$\delta = \frac{Fb\sqrt{(l^2 - b^2)^3}}{9\sqrt{3}EI} (14)$$

jossa:

F voima

b= lyhyin etäisyys voimaan

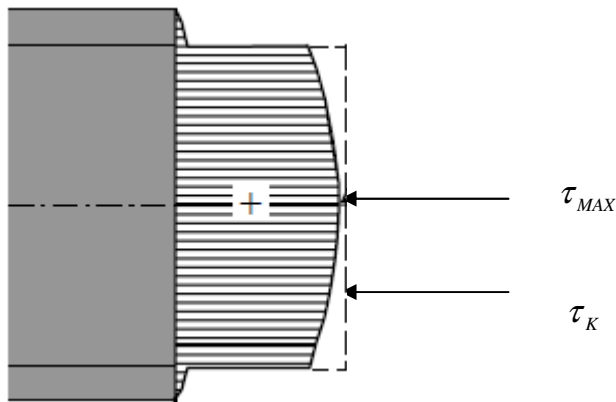
l = tukien jänne väli

I = palkin jäyhyysmomentti

$$\delta = \frac{Fb\sqrt{(l^2 - b^2)^3}}{9\sqrt{3}EI} = \frac{29430N * 260mm\sqrt{((690mm)^2 - (260mm)^2)^3}}{9\sqrt{3} * 210000 \frac{N}{mm^2} * 83,6 * 10^6 mm^4 * 690mm} = 0,010mm$$

Taipuma jää selvästi alle sallitun taipuman.

Palkin leikkausjännityksen τ jakauma on kuvan 15 mukainen:



kuva 18. Leikkausjännityksen jakauma

Riittää, että tarkastellaan uuman leikkausjännitystä. Keskimääräinen leikkausjännitys saadaan kertomalla uuman paksuus uuman korkeudella. Uuman korkeus saadaan kun vähennetään palkin korkeudesta laippojen paksuus. Lasketaan nyt sallittu leikkausjännitys kaavalla 5. (ks. sivu 27)

$$\tau_{SALL} = 0,6 * \sigma_{SALL} = 0,6 * 177,5 \frac{N}{mm^2} = 142 \frac{N}{mm^2} . (5)$$

Lasketaan keskimääräinen leikkausjännitys kaavalla 6. (ks. sivu 27)

$$\tau = \frac{Q}{A_v} = \frac{19560 N}{7,1 mm * 278,6 mm} = 9,88 \frac{N}{mm^2} . (6)$$

Lasketaan vielä maksimileikkausjännitys kaavalla 7. (ks. sivu 27)

$$\tau_{MAX} = \frac{Q * S}{I * b} = \frac{19560 N * 314 * 10^3 mm^3}{83,6 * 10^6 mm^4 * 7,1 mm} = 10,34 \frac{N}{mm^2} . (7)$$

Kaavassa 9 käytetty staattinen momentti S saadaan tekniikan taulukkokirjasta s.571. (Valtanen 2007) Leikkausjännitys on paljon pienempi kuin sallittu leikkausjännitys.

Nostopalkki 10 m

Nostopalkki on profiililtaan 150x300 IPE-palkki, joka on tuettu 4 eri kohdasta. Palkin laskentaa varten, tulee selvittää tukipisteiden tarkka sijainti. Koska nostopalkki on 10 000 mm pitkä, tulee tarkastella myös kiepahduksen mahdollisuutta. Jos IPE-palkin tukipisteiden välinen etäisyys jää suureksi, vaarana on kiepahtaminen sivusuunnassa.

7.2 Ympäristömuutokset

Ennen kuin voidaan vaihtaa rannan puoleinen moottori, tulee tehdä muutoksia moottorin ympäristöön. Moottorin yläpuolella olevat nostopalkit ovat kummatkin eri linjassa moottorin keskilinjan suhteen. Ero keskilinjaan on merkittävä, joten jos mahdollista, niin nostopalkkeja tulisi siirtää sivusuunnassa, jotta ero keskilinjaan vähenisi. Lisäksi alempana olevaa, 10 000 mm, nostopalkkia tulisi siirtää, jotta saadaan ketjutalja ja vaaka mahtumaan nostopalkin ja moottorin välille. Ongelmaksi tulee nostopalkin tukikohta. Nostopalkki on tuettu moottori läheisyydessä toiseen, erilliseen tukipalkkiin, joka jouduttaisiin katkaisemaan, mikäli nostopalkkia halutaan siirtää. Tukipalkkia ei voida katkaista, koska nostopalkkia ei voitaisiin enää tukea aikaisempaan tukikohtaan.

Myös nostopalkkien sijainti muodostuu ongelmaksi. Moottori pitäisi nostaa ensin ylös ylemmästä nostopalkista ja vaihtaa äkkiseltään alempana olevaan. Tämä vaihto muodostuu ongelmaksi, koska moottoria ei saada tänä aikana mihinkään ”lepäämään”, ellei suunnitella erillistä pukkia, johon moottori laskettaisiin.

Sulatuskuljettimen vahvikkeita joudutaan myös poistamaan, vastaavanlaisesti kuin sulatuskuljettimen toiselta puolelta. Kun moottori on nostettu nostopalkin varaan, se kuljetetaan nostopalkin toiseen päähän, jossa se vasta lasketaan alas. Ennen alas laskua moottori joudutaan nostamaan sulatusvesi putken ohi. Putken päällä on hoitotaso, joka on hitsattu kiinni. Hoitotaso joudutaan irrottamaan vaihdon ajaksi, joten hoitotaso pitäisi muuttaa esimerkiksi pulteilla kiinnitettäväksi.

8 POHDINTAA

Vaihto-ohjeen tekeminen insinöörityönä on ollut hyvin mielenkiintoista ja tarjonnut mahdollisuuden syventää koulussa opittuja taitoja, kuten lujuuslaskentaa. Lujuuslaskennan osalta työ on tarjonnut mielekkään ja hyvin konkreettisen näkökulman asioihin. Nostopalkkien tarkastamista vaikeutti hieman se, ettei nostopalkeista ole olemassa piirustuskuvia eikä käytännössä mitään tietoa järjestelmässä. Palkkien profiilit ja tukipisteiden mitat piti käydä paikan päällä mittaamassa. Muuta materiaalia ja ohjausta on ollut saatavilla runsaasti.

Insinöörityön sisältämän tarkastuksen perusteella päätettiin hankkia uusi nostopalkki, joka asennetaan paikalle kevään aikana. Lisäksi tarvittavat ympäristömuutokset suoritetaan myös kevään aikana pienempien seisokkien aikana, jolloin kesällä voidaan varsinaisessa seisokissa vaihtaa moottori.

Työn loppupuolella pidettiin palaveri, jossa päätettiin jatkotoimenpiteistä, kuten uuden nostopalkin hankinnasta ja kuka valvoo esivalmisteluiden suorittamista.

Tavoitteena oli tehdä vaihto-ohje, joka sisältää tarkastukset tarvittavista muutoksista moottorin vaihtoa ajatellen. Mielestäni tässä onnistuin hyvin ja

tekemäni tarkastuksen perusteella saadaan aikaiseksi tarvittavat muutokset ympäristöön, jotta moottorin vaihto onnistuu. Toiseen moottoriin ei työn laajuuden vuoksi voinut kovinkaan paljon perehtyä muuten kuin tarkastelemalla yhtä nostopalkkia ja ympäristömuutoksia.

Haluan kiittää työhön osallistuneita ja opastaneita henkilöitä, joita ovat erityisesti Tuomo Kotineva, Jorma Anttonen, Arto Käyhty ja Saimaan ammattikorkeakoulun valvojani Veli-Pekka Jurvanen.

KUVAT

- Kuva 1 Kunnossapidon päätöksenteon kustannusten punnitseminen s.9
- Kuva 2 Ennakoivan kunnossapidon toteutusperiaate s.10
- Kuva 3 Sulatuskuljetin, koivu s.11
- Kuva 4 Hägglund Marathon MB-800 Hydraulinestemoottorin rakenne s.13
- Kuva 5 MB-800 hydraulinestemoottori sisältä s.13
- Kuva 6 MB-800 hydraulinestemoottorin mittakuva s.17
- Kuva 7 MB-800 hydraulinestemoottorin mittakuva s.17
- Kuva 8 Momenttivarsi s.18
- Kuva 9 Nostopalkin vapaakappalekuva s.24
- Kuva 10 Leikkausjännityksen jakauma s.26
- Kuva 11 ABT käsiketjupalja s.34
- Kuva 12 Paineilmaketjupalja s.35
- Kuva 13 Nostotapin vapaakappalekuva s.36
- Kuva 14 Kantoteräsjako s. 43
- Kuva 15 Pistekuorma s. 44
- Kuva 16 Sallittu taipuma rutilälle s. 44
- Kuva 17 Nostopalkin vapaakappalekuva s.49
- Kuva 18 Leikkausjännityksen jakauma s. 52

TAULUKOT

- Taulukko 1 Tekniset tiedot s.15
- Taulukko 2 Tarvittava syöttöpaine s.16
- Taulukko 3 Mitat MB-800 moottorille s.18
- Taulukko 4 Maksimimomentti momenttivarrelle s.18
- Taulukko 5 Mitat momenttivarrelle s.19
- Taulukko 6 Viskositeettirajat s.19
- Taulukko 7 Lämpötilarajat s.20
- Taulukko 8 Vian etsintä s.21
- Taulukko 9 Puolileveät I-tangot s.23
- Taulukko 10 IPE-Palkkien pituus-paino mitat s.31
- Taulukko 11 Käsiketjupaljan mitat s.34

LÄHTEET

Anttonen J. Kaukaan tehtaiden laitospäiväkirja. 2010. UPM-Kymmene Oyj. Lappeenranta. Henkilökohtainen tiedonanto

Edunet: kunnossapito

<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito> (luettu 8.4.2010)

Finn-ritilät

<http://www.finnritila.com/Ritilat.htm> (luettu 15.4.2010)

Haklift ABT Oy

(http://www.haklift.com/uploads/files/ABT_Kasiketjutajjat_1.pdf.

(Luettu 24.2.2010)

Huolman M. Kaukaan tehtaiden voiteluteknikka. 2010. UPM-Kymmene Oyj. Lappeenranta. Henkilökohtainen tiedonanto

Kaukaan tehtaan, PowerPoint-esitys. UPM-Kymmene Oyj, Intranet (luettu 27.2.2010)

Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen & Suosara. 2006. Lujusoppi. Kymmenes muuttumaton painos. Helsinki: Hakapaino Oy

Kotinea T. Kaukaan tehtaiden kehitysinsinööri. 2010. UPM-Kymmene Oyj. Lappeenranta. Henkilökohtainen tiedonanto

Käyhty A. Kaukaan sellutehtaan suunnittelija. 2010. UPM-Kymmene Oyj. Lappeenranta. Henkilökohtainen tiedonanto

Marathon hydraulinen moottorin asennus ja kunnossapito opas.

http://www.hagglunds.com/default.aspx?selBody=products&subBody=level3&category=Motors&subItem=Marathon&treeID=a0_0_3. (luettu 20.2.2010)

Marathon hydraulinestemoottorin manuaali,
http://www.hagglunds.com/Upload/20060809110911A_en395.pdf. (luettu 20.2.2010)

Nostoapuvälineet, turvallisuus. Sosiaali- ja terveysministeriö.
http://osha.europa.eu/fop/finland/fi/good_practice/koneet/nostoapuusi.pdf
(luettu 7.4.2010)

Nostoapuvälineet, turvallisuus. Työsuojeluhallinto, Tampere. 2009.
http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2009/05/TSO_12.pdf, luettu (luettu 7.4.2010)

Onninen: teräsluettelo
<http://www.onninen.fi> teräsluettelo 2007), (luettu 28.3.2010)

SAP-tietojärjestelmä Kaukas, UPM-Kymmene Oyj, (luettu 8.2.2010->)

Toiminta Kaukaan tehdasalueella. UPM-Kymmene Oyj. Intranet. 27.2.2009,
(luettu 27.2.2010)

Toimintakertomus, UPM-Kymmene Oyj. Sulatuskuljetin. 1988, (luettu 3.3.2010)

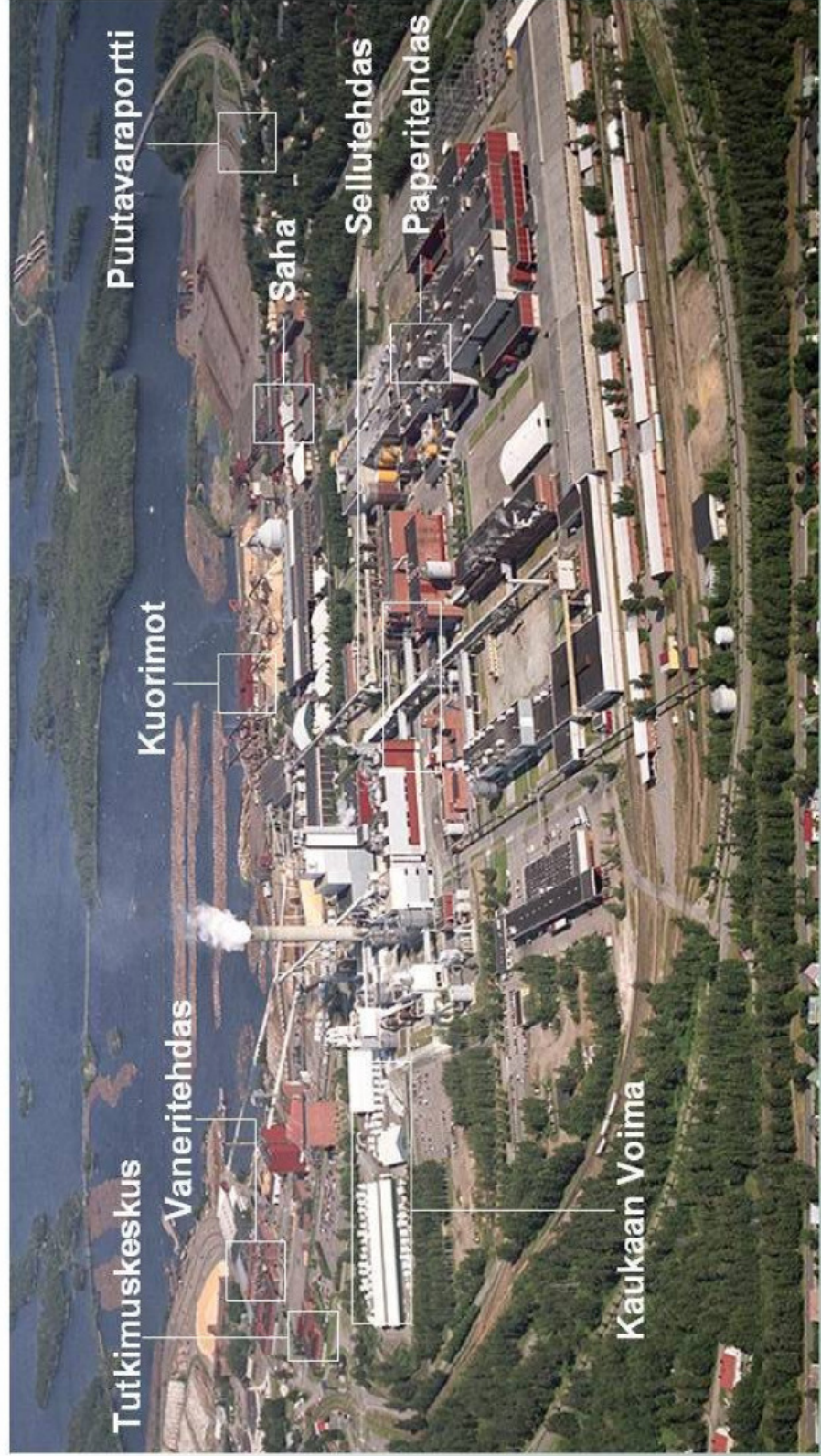
Toivanen, S. 2007-2008. Lujuusoppi. Luentomateriaali. Saimaan ammattikorkeakoulu. Lappeenranta

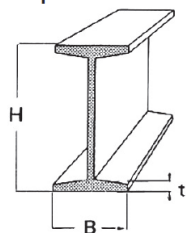
UPM Kaukaan tehtaات yleisesittely 2010. Intranet. (luettu 27.2.2010)

UPM-Kymmene lyhyesti, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, (luettu 29.2.2010)

Valtanen, E. 2007. Tekniikan taulukkokirja. Viidestoista painos. Jyväskylä:
Gummerus Kirjapaino Oy

Kaukaan tehtaat

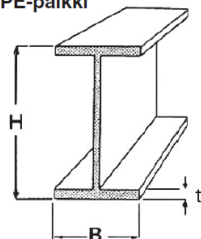
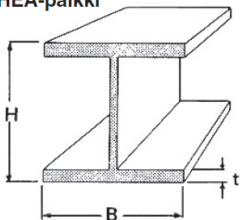


KÄSIKETJU- JA VIPUTALJAT, SIIRTOVAUNUT**Palkkitaulukko****10.8.20****INP-palkki****INP-palkki**

Nro	H mm	B mm	t mm
8	80	42	5,9
10	100	50	6,8
12	120	58	7,7
14	140	66	8,6
16	160	74	9,5
18	180	82	10,4
20	200	90	11,3
22	220	98	12,2
24	240	106	13,1
26	260	113	14,1
28	280	119	15,2
30	300	125	16,2
32	320	131	17,3
34	340	137	18,3
36	360	143	19,5
38	380	149	20,5
40	400	155	21,6
42,5	425	163	23

IPE-palkki

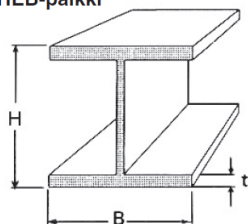
Nro	H mm	B mm	t mm
8	80	46	5,2
10	100	55	5,7
12	120	64	6,3
14	140	73	6,9
16	160	82	7,4
18	180	91	8
20	200	100	8,5
22	220	110	9,2
24	240	120	9,8
27	270	135	10,2
30	300	150	10,7
33	330	160	11,5
36	360	170	12,7
40	400	180	13,5
45	450	190	14,6
50	500	200	16
55	550	210	17,2
60	600	220	19

IPE-palkki**HEA-palkki****HEA-palkki**

Nro	H mm	B mm	t mm
100	96	100	8
120	114	120	8
140	133	140	8,5
160	152	160	9
180	171	180	9,5
200	190	200	10
220	210	220	11
240	230	240	12
260	250	260	12,5
280	270	280	13
300	290	300	14
320	310	300	15,5
340	330	300	16,5
360	350	300	17,5
400	390	300	19
450	440	300	21
500	490	300	23
550	540	300	24

HEB-palkki

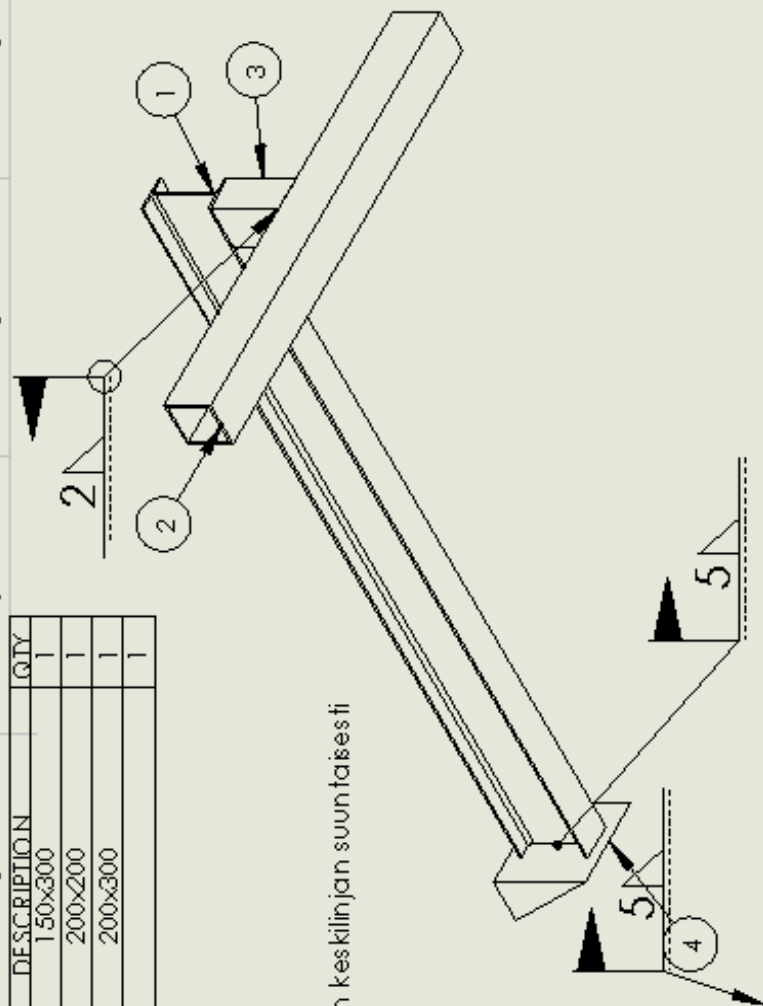
Nro	H mm	B mm	t mm
100	100	100	10
120	120	120	11
140	140	140	12
160	160	160	13
180	180	180	14
200	200	200	15
220	220	220	16
240	240	240	17
260	260	260	17,5
280	280	280	18
300	300	300	19
320	320	300	20,5
340	340	300	21,5
360	360	300	22,5
400	400	300	24
450	450	300	26
500	500	300	28
550	550	300	29

HEB-palkki**oy MACHINE TOOL co**

Teerikunkkuja 4 • 00700 HELSINKI • p. 09-351 951 • f. 09-351 95200 • e-mail: myynti@machinetool.fi • www.machinetool.fi

LIITE 4

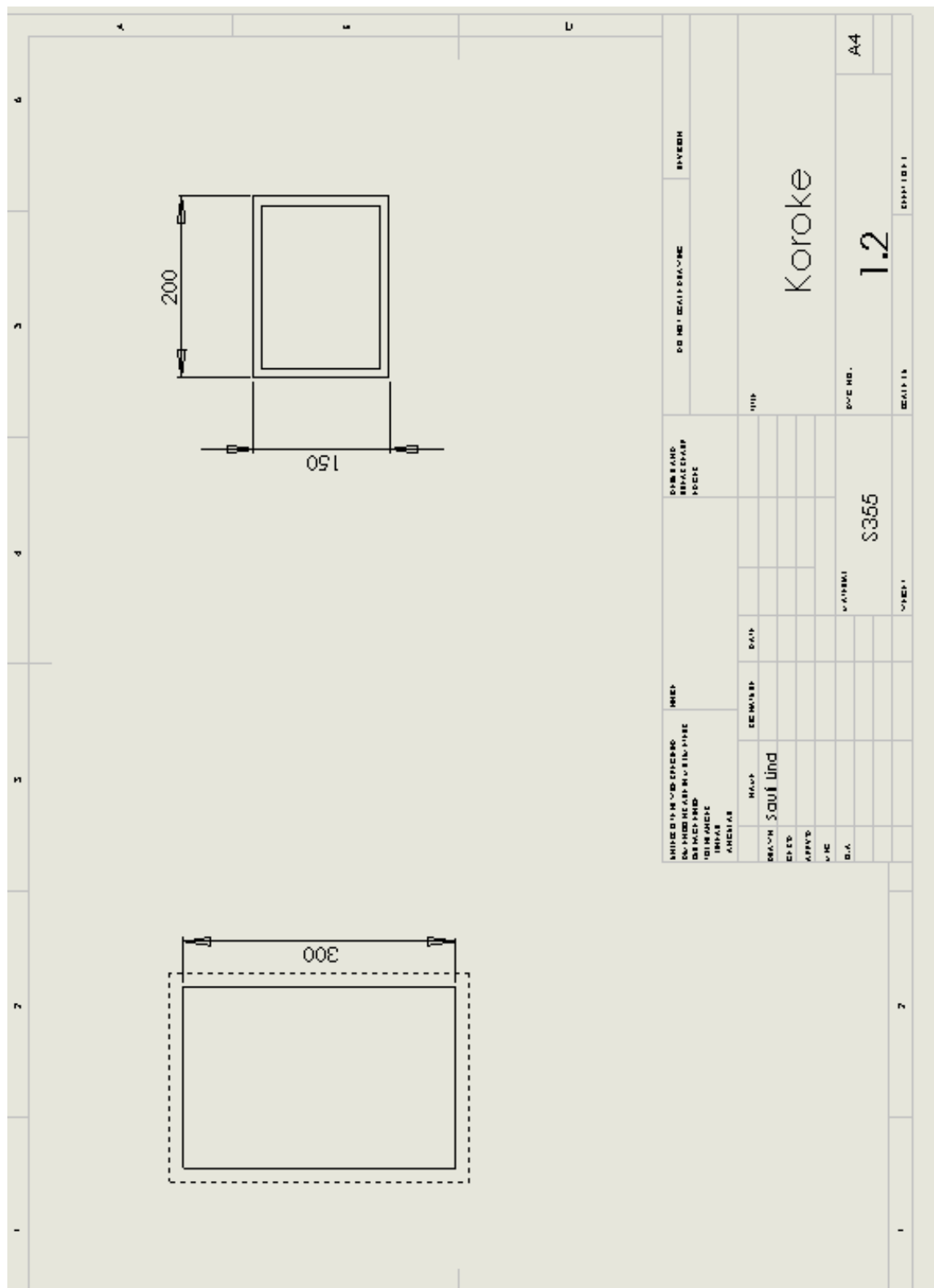
Nostopalkki asennetaan moottorin keskilinjan suuntaisesti

[illegible]

[illegible]

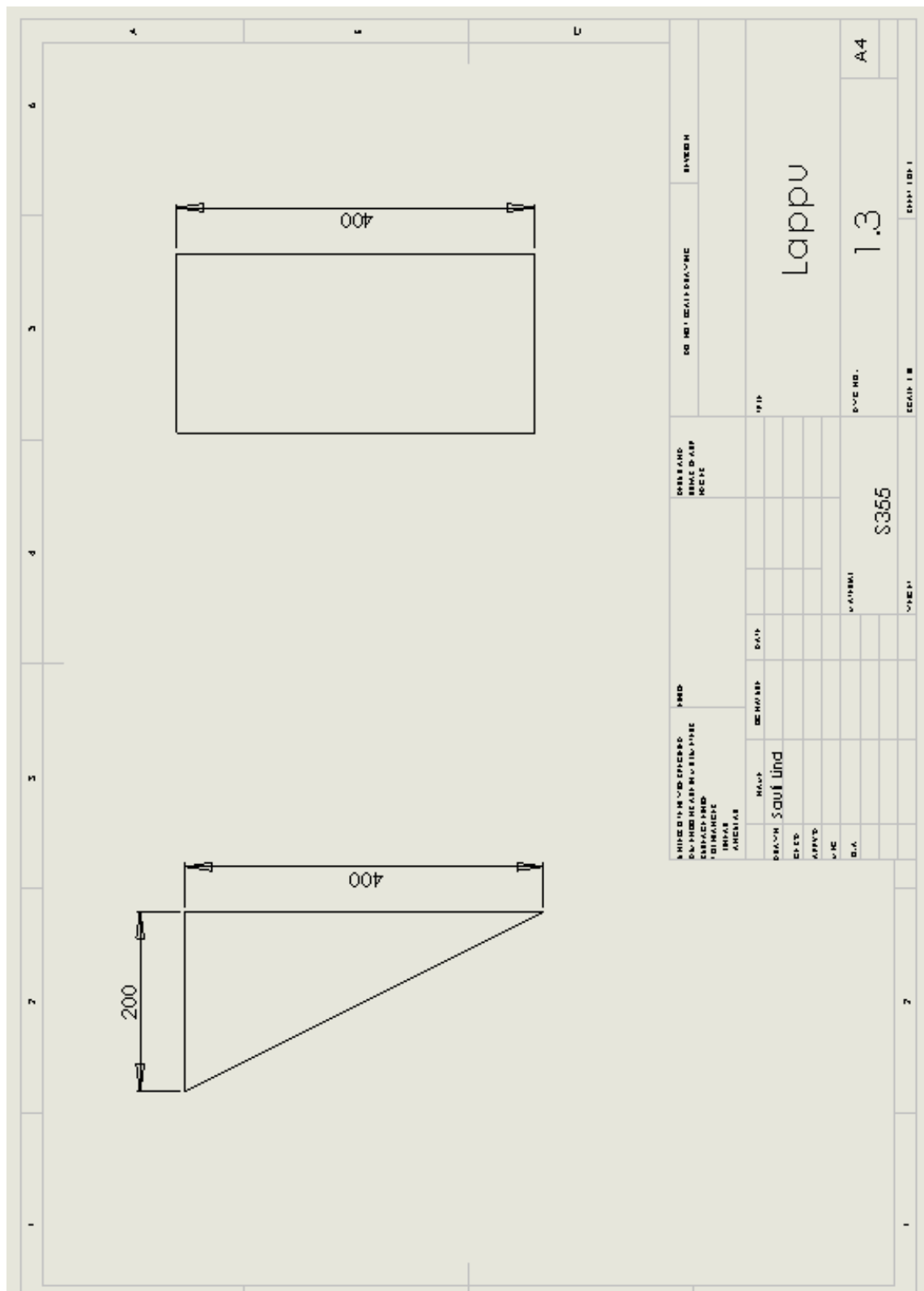
KOROKE

LIITE 6



LAPPU

LIITE 7



LIITE 8

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Nostotappi		1
2	Holkki		2
3	Tappisokka	Tappisokka korvataan rengassokalla	2

Technical drawing showing a mechanical assembly with dimensions and callouts.

Top view: Circular flange with diameter $\varnothing 45$.

Side view: Vertical assembly with total height 200. Callouts 1, 2, and 3 point to specific components. Dimension 45.500 is shown for the main body height, and 45.500 is shown for the distance between the top flange and the main body.

DATE	BY	CHKD	APPD	REV	DESCRIPTION
2023-10-10	J. Lind			1	Initial design
2023-10-15	J. Lind			2	Revised design
2023-10-20	J. Lind			3	Final design

Assembly Name: Nostotappi

Part Number: 2

Revision: A.4

Material: S355

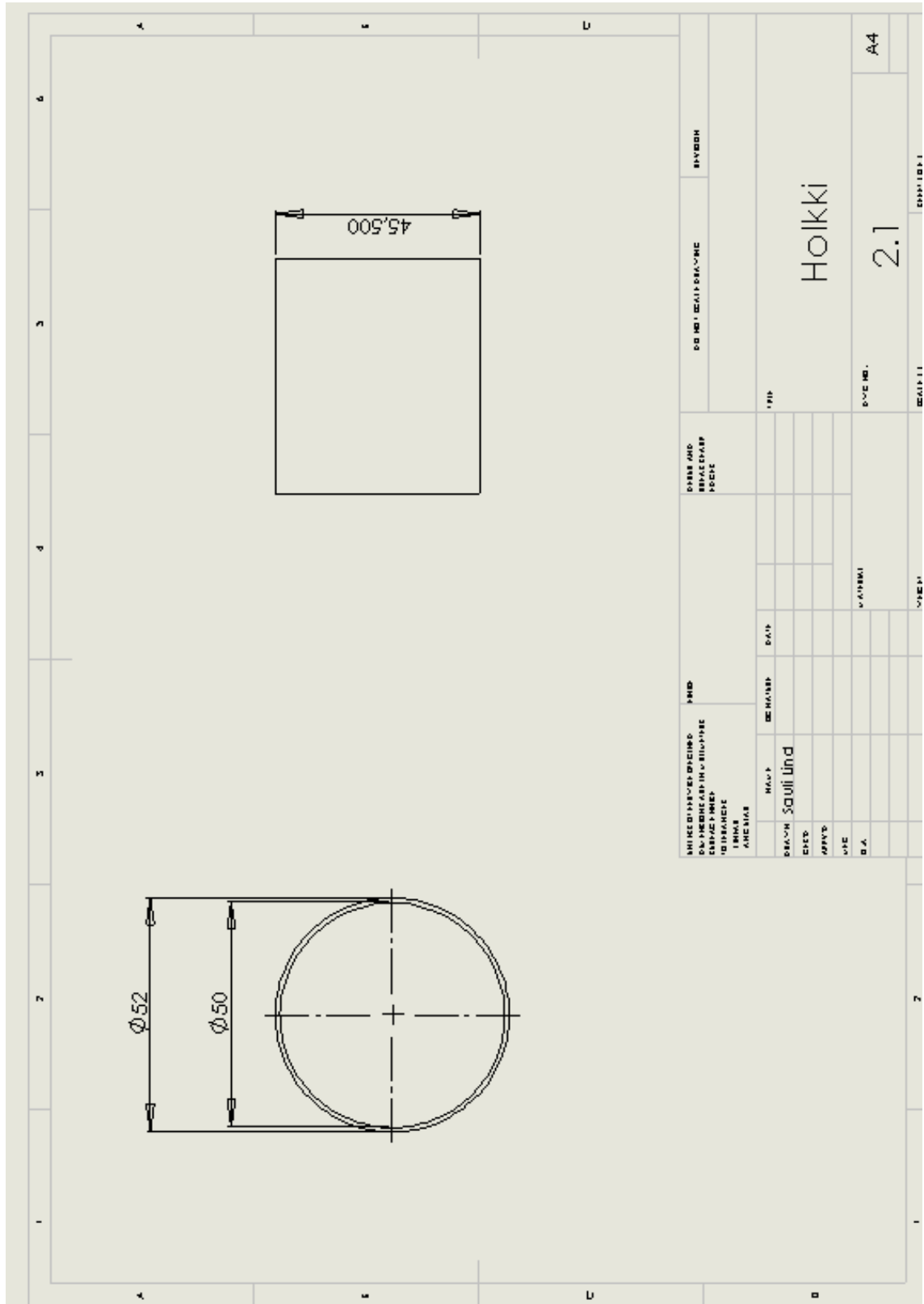
Scale: 1:1

Notes:

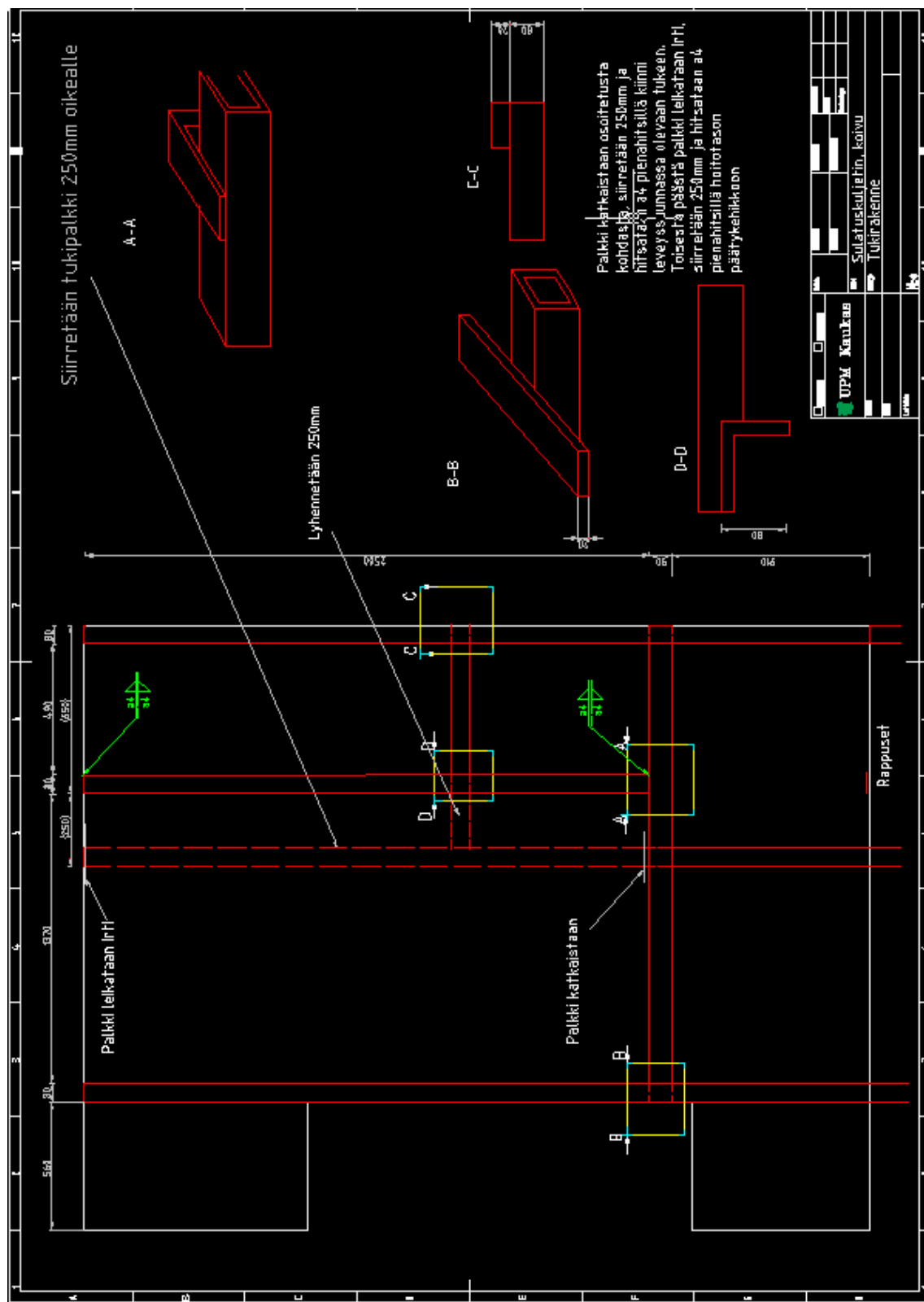
- 1. Nostotappi
- 2. Holkki
- 3. Tappisokka

HOLKKI

LIITE 9

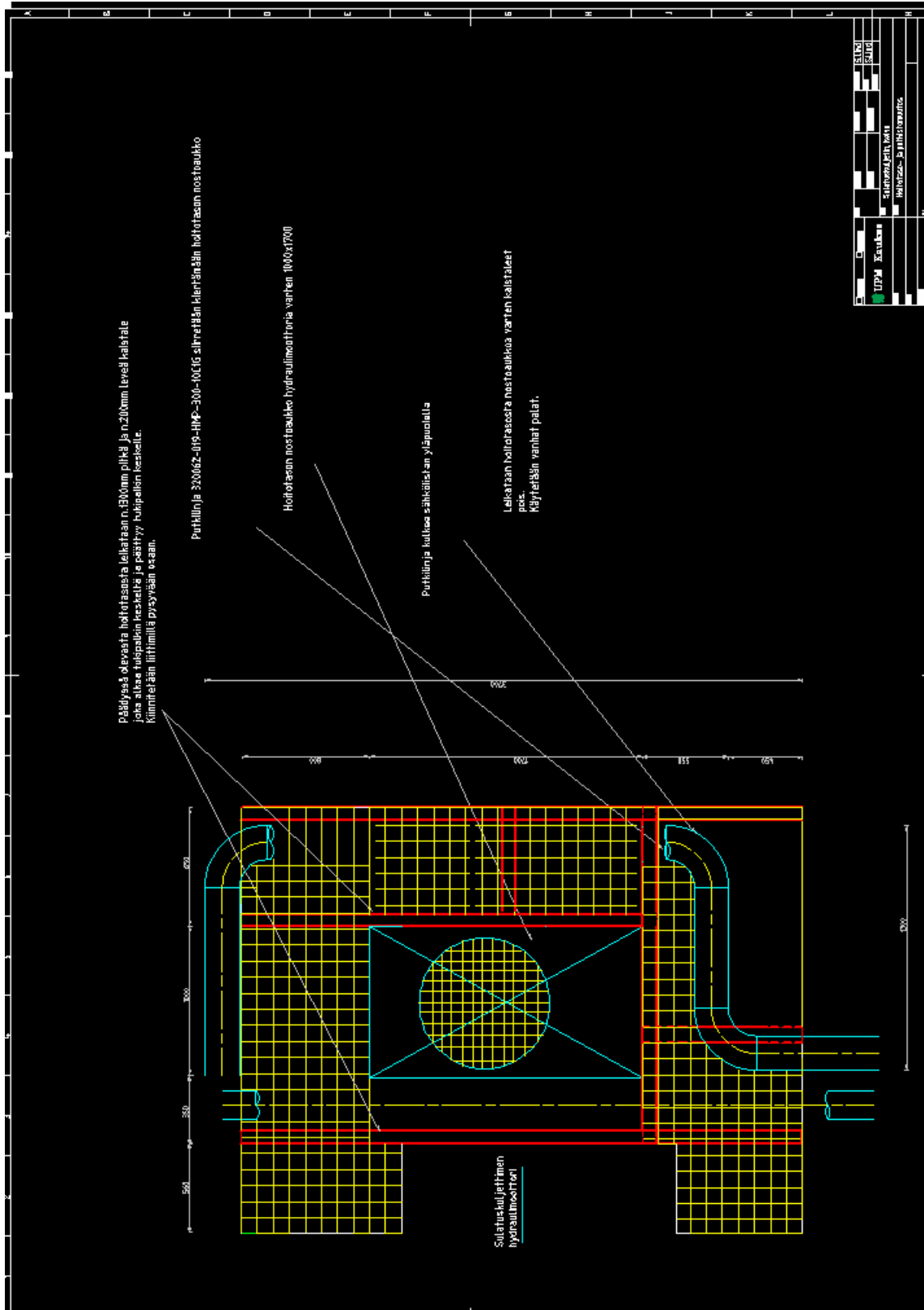


LIITE 10



HOITOTASO- JA PUTKISTOMUUTOS

LIITE 11



RITILÄN KUORMITUSTATAULUKKO

LIITE 12

Kantoteräsjako 41 mm

Kantoteräs mm		Jänneväli mm																	
		300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2200	2400
20 x 2	Q	80,0	45,6	29,1	20,2	14,7	11,4	9,1	7,2	6,0	5,0								
	f _Q	0,9	1,5	2,4	3,5	4,7	6,2	7,8	9,6	11,6	13,8								
	P	5,3	3,5	2,6	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9								
	f _P	0,9	1,5	2,3	3,2	4,3	5,5	6,9	8,4	10,0	11,9								
25 x 3	Q	125,0	71,2	45,6	31,6	23,0	17,8	14,2	11,4	9,5	7,9	6,9	5,7	5,0					
	f _Q	0,7	1,2	1,9	2,8	3,8	4,9	6,2	7,7	9,3	11,1	13,0	15,1	17,3					
	P	8,3	5,5	4,1	3,3	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1					
	f _P	0,7	1,2	1,9	2,6	3,4	4,4	5,5	6,7	8,1	9,5	11,2	12,8	14,8					
20 x 5	Q	166,4	94,7	60,6	42,1	30,6	23,7	18,9	15,1	12,6	10,5	9,2	7,6	6,7	5,9	4,9			
	f _Q	1,1	1,9	3,0	4,3	5,9	7,7	9,7	12,0	14,5	17,3	20,3	23,5	27,0	30,7	38,8			
	P	11,0	7,3	5,5	4,4	3,6	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3			
	f _P	1,1	1,8	2,9	4,0	5,3	6,8	8,6	10,5	12,6	14,9	17,4	20,0	23,1	26,2	32,9			
30 x 3	Q	180,1	102,6	65,6	45,6	33,2	25,6	20,5	16,4	13,6	11,4	9,9	8,3	7,2	6,4	5,3			
	f _Q	0,6	1,0	1,6	2,3	3,1	4,1	5,2	6,4	7,8	9,2	10,8	12,6	14,4	16,4	20,8			
	P	11,9	7,9	5,9	4,7	3,9	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4			
	f _P	0,6	1,0	1,5	2,1	2,8	3,6	4,6	5,6	6,7	8,0	9,3	10,7	12,3	14,0	17,6			
25 x 5	Q	260,0	148,1	94,7	65,8	47,9	37,0	29,6	23,7	19,7	16,4	14,4	11,9	10,5	9,2	7,6	5,9	4,9	
	f _Q	0,9	1,5	2,4	3,5	4,7	6,1	7,8	9,6	11,6	13,8	16,2	18,8	21,6	24,6	31,1	38,4	46,4	
	P	17,2	11,5	8,6	6,9	5,7	4,9	4,3	3,8	3,4	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,0	1,8	1,6	
	f _P	0,9	1,5	2,3	3,2	4,2	5,4	6,8	8,4	10,1	11,9	13,9	16,0	18,5	20,9	26,3	32,3	38,9	
40 x 3	Q	320,2	182,4	116,7	81,0	59,0	45,6	36,4	29,1	24,3	20,2	17,7	14,7	12,9	11,4	9,4	7,2	6,0	5,0
	f _Q	0,4	0,8	1,2	1,7	2,4	3,1	3,9	4,8	5,8	6,9	8,1	9,4	10,8	12,3	15,6	19,2	23,2	27,7
	P	21,2	14,1	10,6	8,5	7,0	6,0	5,3	4,7	4,2	3,8	3,5	3,2	3,0	2,8	2,5	2,2	2,0	1,85
	f _P	0,4	0,7	1,2	1,6	2,1	2,7	3,4	4,2	5,1	6,0	7,0	8,0	9,3	10,5	13,2	16,2	19,5	23,1
30 x 5	Q	374,4	213,3	136,5	94,8	69,0	53,3	42,6	34,1	28,4	23,7	20,7	17,2	15,1	13,3	11,0	8,5	7,1	5,9
	f _Q	0,7	1,3	2,0	2,9	3,9	5,1	6,5	8,0	9,7	11,5	13,5	15,7	18,0	20,5	25,9	32,0	38,7	46,0
	P	24,8	16,5	12,4	9,9	8,2	7,1	6,2	5,5	4,9	4,5	4,1	3,8	3,5	3,3	2,9	2,6	2,3	2,1
	f _P	0,7	1,2	1,9	2,7	3,5	4,5	5,7	7,0	8,4	9,9	11,6	13,4	15,4	17,5	21,9	27,0	32,4	38,4
40 x 5	Q	665,7	379,1	242,6	168,5	122,7	94,7	75,8	60,6	50,5	42,1	36,9	30,6	26,9	23,6	19,6	15,1	12,6	10,5
	f _Q	0,5	1,0	1,5	2,2	2,9	3,8	4,9	6,0	7,3	8,6	10,1	11,8	13,5	15,3	19,4	24,0	29,0	34,5
	P	44,2	29,4	22,1	17,6	14,7	12,6	11,0	9,8	8,8	8,0	7,3	6,8	6,3	5,8	5,2	4,6	4,2	3,8
	f _P	0,5	0,9	1,4	2,0	2,7	3,4	4,3	5,2	6,3	7,4	8,7	10,0	11,6	13,1	16,5	20,2	24,3	28,8
50 x 5	Q	1040,1	592,4	379,1	263,3	191,8	148,1	118,5	94,7	78,9	65,8	57,7	47,9	42,1	37,0	30,7	23,7	19,7	16,4
	f _Q	0,4	0,8	1,2	1,7	2,4	3,1	3,9	4,8	5,8	6,9	8,1	9,4	10,8	12,3	15,5	19,2	23,2	27,6
	P	69,1	46,0	34,5	27,6	23,0	19,7	17,2	15,3	13,8	12,5	11,5	10,6	9,8	9,2	8,1	7,2	6,5	6,0
	f _P	0,4	0,7	1,2	1,6	2,1	2,7	3,4	4,2	5,0	5,9	7,0	8,0	9,3	10,5	13,2	16,2	19,5	23,1

HYDRAULIMOOTTORIN VAIHTO-OHJE

LIITE 13 (23 sivua)

1 TYÖVÄLINEET

Moottorin vaihdossa käytettävät ja tarvittavat nostoapuvälineet sekä erilaiset irrotus- ja asennustyökalut ovat lueteltu tässä kappaleessa. Työn onnistumisen kannalta on tärkeää, että käytetään oikeanlaisia työvälineitä. Erityisesti käytettäessä nostoapuvälineitä, koska väärällä tavalla suoritettu nostotyö saattaa aiheuttaa vaaratilanteen.

1.1 Työkalut ja tarvikkeet

Sellutehtaan työkaluvarastossa on hydraulimoottoreille oma työkalulaatikkonsa, joka sisältää tarvittavat työkalut moottorin vaihtamiseen. Työkalulaatikosta löytyvät mm. erilaisia laippoja, momenttiavaimia, vasaroita ja hydrauliliikkavääntimiä. Lisäksi vaihtamisessa käytetään yleisiä korjaus- ja asennusapuvälineitä kuten kiintoavaimia.

1.2 Nostoapuvälineet – ja tarvikkeet

Moottorin vaihdossa käytettävät nostolaitteet ja nostoapuvälineet ovat siirtovaunu, ketjutalja, vaaka, 3 tonnin sakkeli, nostotappi tai vastaavasti kettinkiraksi 2- haaraisella salpakoukulla. Jos ei käytetä nostotappia, nostetaan moottori käyttämällä 2-haaraista kettinkiraksia. Kettinkiraksin tulee kestää vähintään 3t kuorma. Käytettäessä esim. carstahlin 2-haaraista kettinkiraksia, tarvittava ketjun nimellishalkaisija on 10 mm, kun kulma on 0–45°, jolloin työkuorma on 4,25 tonnia. Kulman ollessa 45–60°, on työkuorma samalla nimellishalkaisijalla 3,15 tonnia.

Siirtovaunu on valmiina nostopalkissa. Jos halutaan käyttää nostotappia vaihdossa, se tulee valmistaa ensin. Kaikki muut nostossa tarvittavat ja käytettävät apuvälineet löytyvät joko varastosta tai esimerkiksi keskuskorjaamolta.

1.3 Työkalut

Sellun työkaluvarastosta löytyvät vaihtotyössä tarvittavat työkalut kuten hydraulikkaväännin (kuva 1) ja erillinen asennuslaatikko (kuva 2), joka sisältää muut vaihdossa tarvittavat apuvälineet. Kuvan 1 hydraulikkaväännintä voidaan periaatteessa käyttää, mutta se on hidas eikä sitä ole moottorin vaihdossa käytetty. Se tekisi kuitenkin vaihdosta kevyempää.



Kuva 1. Hydraulikkaväännin.

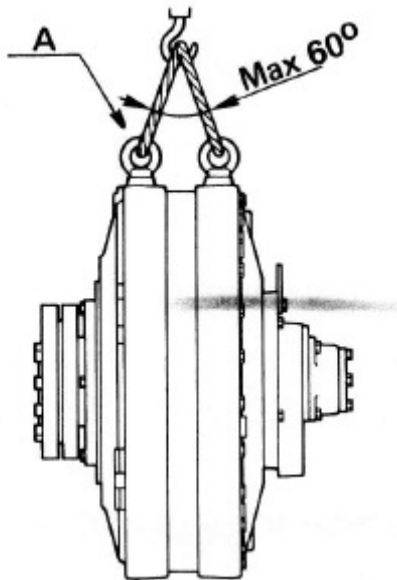


Kuva 2. Asennuslaatikko

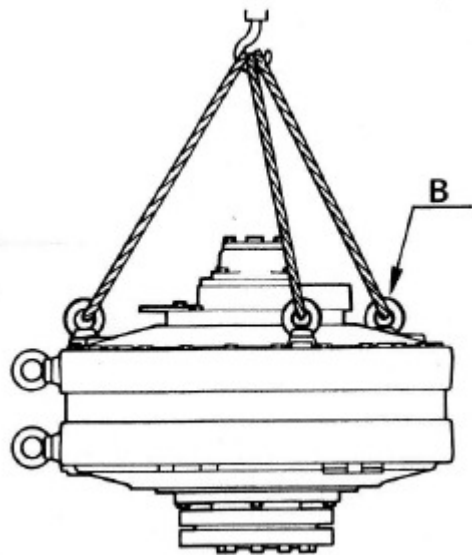
2 MOOTTORIN IRROTUS

2.1 Nostotavat

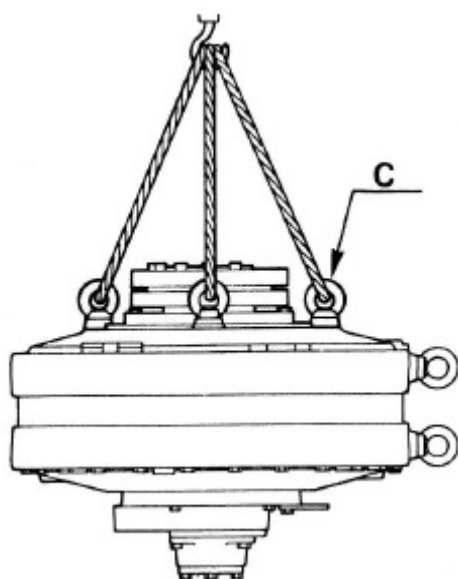
Kun moottoria ja/tai momenttivartta nostetaan tai siirretään, pitää moottori ja/tai momenttivarsi nostaa määrättyllä tavalla. Moottori mallille MB 800 ja momenttivarrelle käytettävät nostotavat on esitetty kuvissa 3-6. (Installation and Maintenance Manua, Marathon) Ennen nostamista, täytyy varmistua siitä, että nostokorvat on kierretty tiukasti kiinni. Pitää myös varmistua siitä, että nostotyökalut jaksavat kantaa painon (taulukot 1 ja 2)



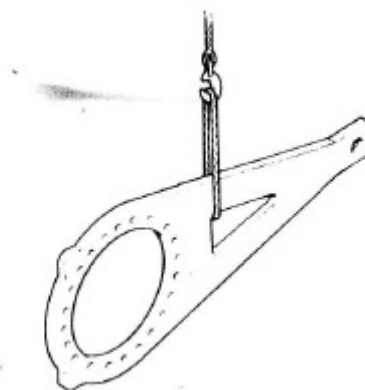
Kuva 3.



Kuva 4.



Kuva 5.



Kuva 6.

Taulukko 1. Nostokorvan mitat.

Moottori	Paino	Nostokorvan mitat		
		A	B	C
MB 800	KG			
	2580	1 1/4" UNC	1 1/4" UNC	1" UNC

Taulukko 2. Momenttivarren paino

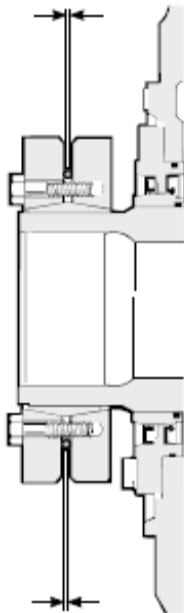
Momenttivarsi	Paino (KG)
TMA 60	207

Varmista aina, että missä on painopiste, ennen noston aloittamista. Älä koskaan seiso roikkuvan moottorin tai momenttivarren alapuolella.

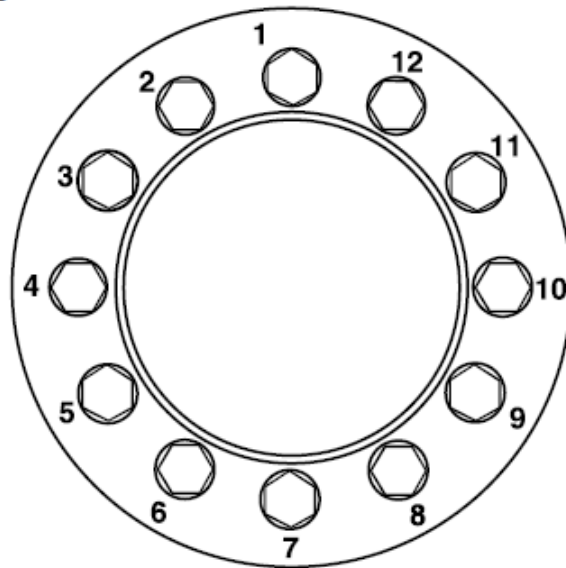
2.2 Moottorin irrotus käytettävältä akselilta

Ennen kuin moottoria aloitetaan irrottamaan käytettävältä akselilta, pitää moottori tyhjentää öljystä. Öljy tyhjennetään alemman vuotoliitännän kautta. Moottorin irrottamiseen voidaan käyttää erillistä asennustyökalua, mutta moottori voidaan irrottaa myös ilman asennustyökalun käyttöä.

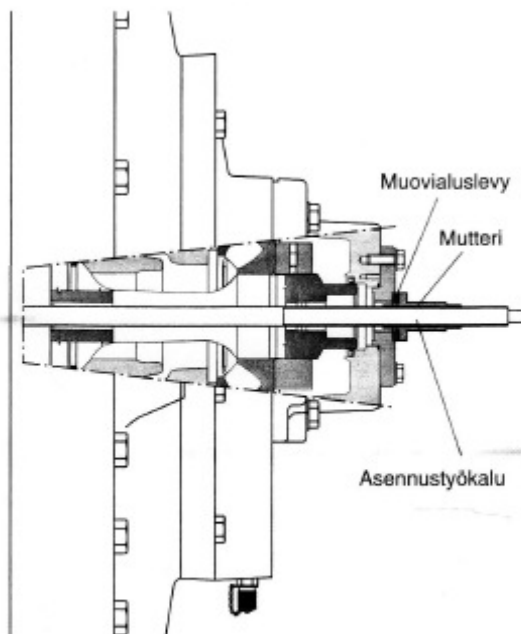
Moottorin irrotus asennustyökalun avulla alkaa siitä, kun kytkimen ruuveja löysätään vähitellen (kuvat 7 ja 8). (Installation and Maintenance Manual, Marathon) Jokaista ruuvia löysätään vain neljänneskierros kerrallaan. Tällä tavoin vältetään renkaiden juuttumiselta ja kallistumiselta sekä kierteiden venymiseltä. Ruuvien löysäämistä jatketaan niin kauan, kunnes kytkinrenkas on kokonaan vapautunut. Sen jälkeen irrotetaan tulppa, päätykansi ruuveineen ja aluslevyineen sekä tulppa akselin keskiöstä (kuva 9). (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



Kuva 7.

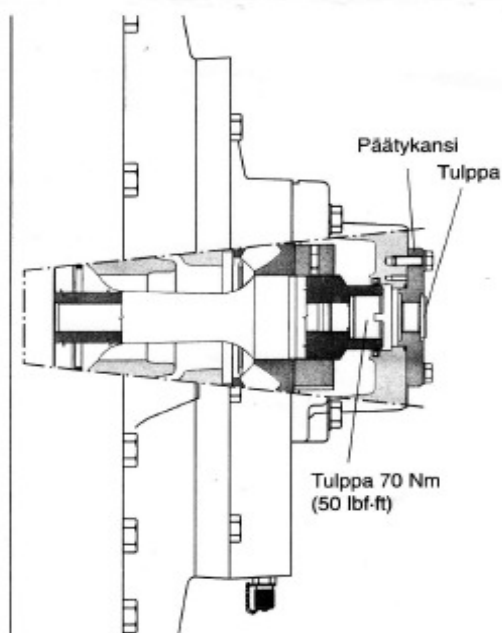


Kuva 8.



Kuva 9.

Tämän jälkeen asetetaan muovialuslevy asennustyökalun mutterin ulkopuolelle ja sovitetaan työkalu akselin keskiöön ja kierretään sitä käytettävään akseliin. Työkalun mutteria kierretään sisään niin kauan, kunnes päätykansi saadaan asennettua takaisin paikalleen. (kuva 10.) (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



Kuva 10.

Sitten irrotetaan moottori käytettävältä akselilta kiertämällä työkalun mutteria ulospäin (vastapäivään). Lopuksi poistetaan päätykansi ja asennustyökalu ja asennetaan irrotetut tulpat ja päätykansi. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Jos moottori irrotetaan ilman asennustyökalua, aloitetaan irrotus löysäämällä kytkimen ruuvit vähitellen (kuvat 7 ja 8). Löysätään kutakin ruuvia vain neljänneskierroksen verran kerrallaan. Täten vältetään renkaiden juuttumiselta ja kallistumiselta sekä kierteiden venymiseltä. Ruuveja löysätään niin kauan, kunnes kytkinrenkas on täysin vapautunut. Sitten irrotetaan päätykansi ruuveineen, jotta ilmaa pääsee moottorin putkiakseliin. Kun moottori on irrotettu, asennetaan osat takaisin paikoilleen. Moottoria kannatetaan nosturilla/ketjuilla/liinoilla ja vedetään se varovasti irti käytettävältä akselilta. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

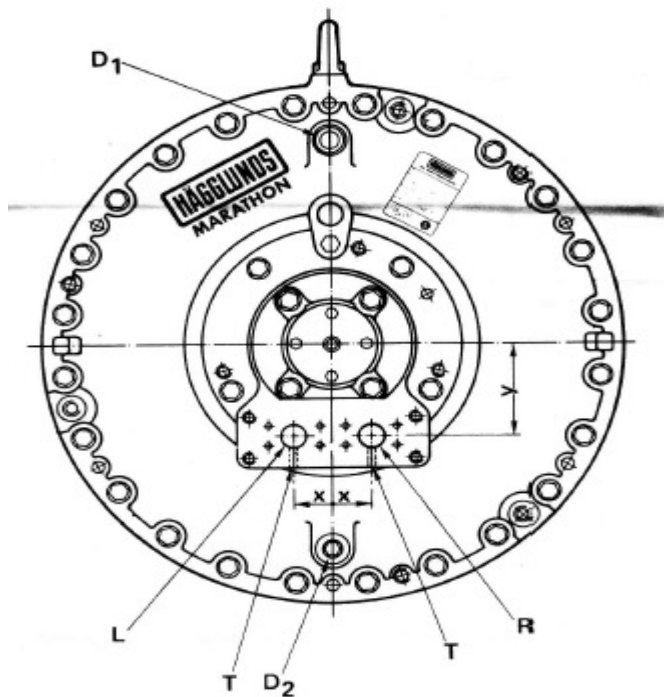
3 MOOTTORIN ASENNUS

3.1 Nostotavat

Moottorin asennuksessa käytetään kohdan 2.1 mukaisia nostotapoja.

3.2 Moottorin asennusohjeet

Jos halutaan, että moottori toimii moitteettomasti, täytyy moottori asentaa paikalleen mahdollisimman tarkasti. Jokainen osa, joka on liitetty moottoriin, mutta ei ole liitetty asennusohjeen mukaisesti, voi aiheuttaa moottorille ylimääräistä rasitusta, joka vähentää moottorin käyttöikää. Moottorin kotelo on yleensä täynnä öljyä. Sulatuskuljettimen hydraulimoottorit ovat asennettu vaakasuoralle akselille. Tällaisessa tapauksessa, jossa akseli sijaitsee vaakasuorassa, tulee vuotoaukkojen olla ylimmässä ja alimmassa kohdassa moottoria. Ylempään aukkoon liitetään vuotoöljyliitântä (kuva 11).



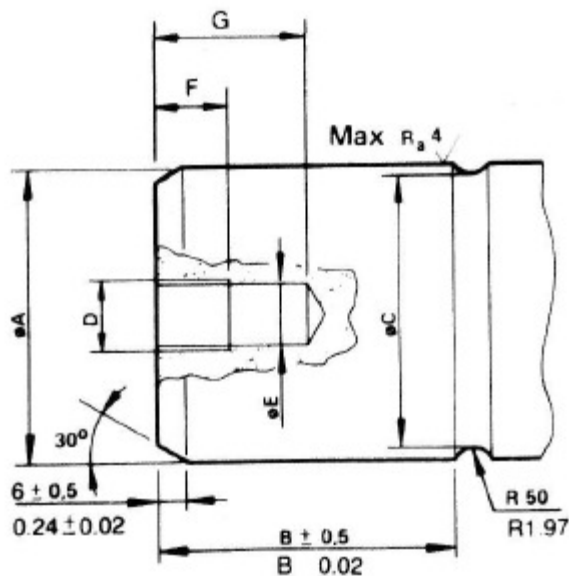
Kuva 11. Vuotoliitântä

Öljyliitännöjä käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.7

Vuotolinja mitoitetaan siten, että moottorin kotelopaine on maksimissaan 3 bar. Kotelopaineen suurin sallittu paine on äsken mainittu 3 bar, mutta moottorin ollessa toiminnassa, on sallittu lyhyet enintään 8 bar painehuiput. Kun moottori on pysähdyksissä, on suurin sallittu kotelopaine 8 bar.

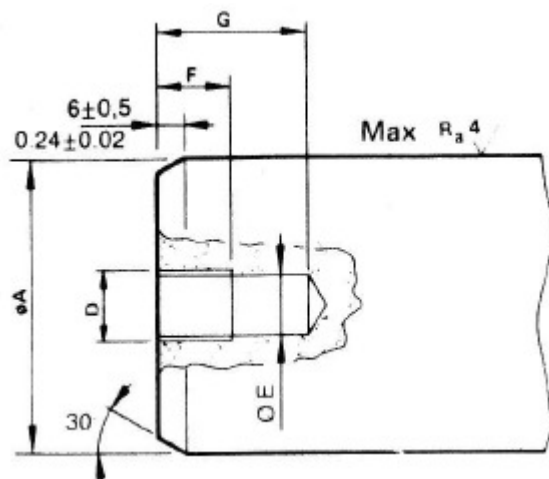
Moottori kytketään siten, että se aina antaa riittävän syöttövirtauksen ja syöttöpaineen matalamman paineen työliitäntään. Tämä korostuu varsinkin silloin, kun kyseessä on suuret nopeudet ja nopeat suunnanmuutokset. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

”Se minkälainen pää käytettävässä akselissa on, riippuu kuormitus tavasta. Jos akseli on raskaasti kuormitettu ja alttiina korkeille jännityksille, kuten esim. pyörintäsuunnan muutoksia edellyttävässä käytössä, suositellaan jännityksen kevennysuran tekemistä akseliin (kuva 12 ja taulukko 3 ja 4). ” (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



Kuva 12. Raskaasti kuormitettu akseli.

Jos kyseessä on normaalisti kuormitettu akseli, eli kyseessä on ainoastaan yhteen suuntaan pyörivä liike ja akseliin kohdistuvat jännitykset ovat kohtuullisia, akseliin ei tarvitse tehdä erillistä kevennysuraa, vaan akseli voi olla tasainen. (kuva 13 ja taulukot 3 ja 4)



Kuva 13. Normaalisti kuormitettu akseli.

Moottorin asentamisen ja irrottamisen helpottamiseksi täytyy käytettävän akselin pään keskiössä olla kierrereikä asennustyökalua varten. Jos kierrereikää ei ole, se tulee tehdä. Työkalussa on sekä metrinen että UNC-kierre. Kierrereikä voidaan tehdä kumman tahansa vaihtoehdon mukaan (taulukko 3). (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Taulukko 3. Vaihtoehtoinen kierre.

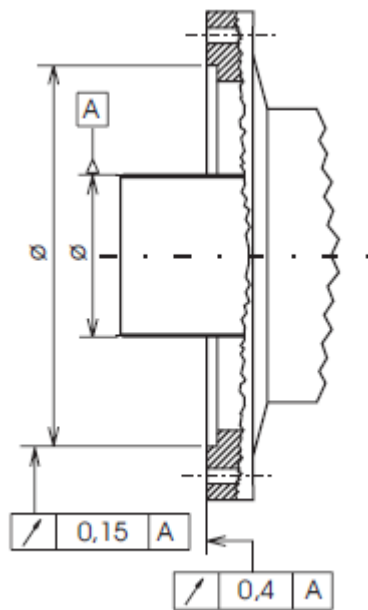
D	M20	UNC 5/8"
E	>17(0,67)	>13,5(0,53)
F	25(0,98)	22(0,87)
G	50(1,97)	30(1,18)

Taulukko 4. Voimassa kytkimille, joiden kaksoiskartiorengas on katkaistu.

Mitat	MB 800
A (mm)	$260^{+0,017}_{-0,069}$
B (mm)	153
C (mm)	254

Huom. Mitat pätevät vain + 20°C lämpötilassa.

”Uritus pitää voidella joko asennuksen yhteydessä hydraulikkaöljyllä tai moottoriin kytkettävän vaihteiston öljyllä. Jotta urituksen kuluminen olisi mahdollisimman vähäistä, tulisi uraliitos tehdä kuvan 14 mukaan. Uritusta tarkastaessa, tulisi katsoa taulukkoa 5.” (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



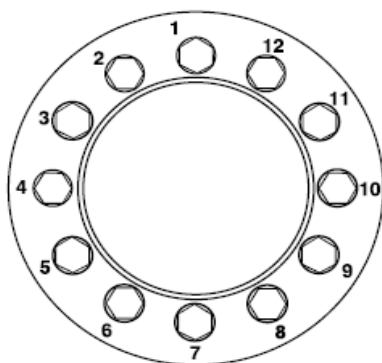
Kuva 14. Uraliitos

Taulukko 5.

Moottori	MB 800
Hammasprofiili ja pohjamuoto	DIN 5480
Toleranssi	8f
Ohjain	Back
Painekulma	30°C
Moduuli	8
Hammasluku	36
Jakohalkaisija	$\phi 288$
Tyviympyrä	$\phi 280_{-1,801}^0$
Pääympyrä	$\phi 298,4 \text{ h11}$
Mitta mittalieriöiden välillä (lankamitta)	$316,665_{-0,180}^{-0,102}$
Mittalieriöiden halkaisija	$\phi 16$
Profiilin siirto x m	+1,6

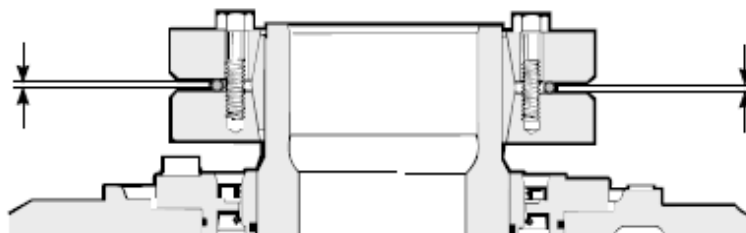
3.3 Kytkimen asentaminen moottorin akselille

Kytken asennus aloitetaan puhdistamalla käytettävä akseli ja moottorin putkiakseli sekä ulko- että sisäpuolelta. Kytkimen kahden puristusrenkaan väliltä pitää kaikki välikappaleet poistaa. Tämän jälkeen esikiristetään puristusrenkaat kolmella ruuvilla esim. numerot 1, 5 ja 9 (kuva 15). Kiristä vain sen verran, että sisärenkas alkaa tarttua puristuskiekkoihin. Lopuksi asenna kytkin moottorin putkiakselille. Kytkin on työnnettävä akselin olakkeeseen asti. Huom. Älä koskaan kiristä kytkimen ruuveja ellei moottori ole asennettuna oikein mitoitettulle käytettävälle akselille.



Kuva 15. Esikiristys

Kun kytkimen ruuveja kiristetään, nostovaijerit pidetään kireänä. Täten vältetään moottorin menemiseltä vinoon. Moottorin vinoudesta aiheutuu tietty heitto, joka aiheuttaa ylimääräistä rasitusta päälaakereille. Samalla kun ruuveja kiristetään, tulee mitata kahden puristusrenkaan välinen ero, mieluiten useasta eri kohdasta. (kuva 16). Puristusrenkaiden välinen ero saa olla maksimissaan 1 mm. Tämä käsittää kiristyksen kaikissa vaiheissa. Ruuveja kiristetään ristikkäin, aina siihen asti, kunnes kiristysmomentti on enintään 50 % ilmoitetusta arvosta. Tarkasta puristusrenkaiden väli tässä vaiheessa. Ruuvien kannat kannattaa merkata tussilla tai maalilla niin, että ruuvit saadaan kiristettyä oikeassa järjestyksessä. Ennen momenttiavaimen käyttämistä, tulee se säätää kohdalleen. Kytkimen ruuvien kireys on luettavissa joko kytkimen kilvestä tai sitten taulukosta 5. Ruuveja kiristetään $\frac{1}{4}$ kierrosta aina kerrallaan, kuvan 16 mukaisessa järjestyksessä. Kiristämistä jatketaan, kunnes oikea momentti on saavutettu. Ruuvit on kiristettävä useassa vaiheessa. Kytkimen linjaus on säännöllisesti tarkistettava. Kiristyskertoja saatetaan tarvita 15–20. Sitten, kun ilmoitettu momentti on saavutettu, kaikkien ruuvien kiristysmomentin on oltava sama, eivätkä ruuvit saa enää kiertyä annetulla momentilla. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



Kuva 16. Puristusrenkaiden välinen ero (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Taulukko 6. Kiristysmomentti.

Moottori	Ruuvien lkm	Ruuvien mitat	Kiristysmomentti	Vahvuusluokka	Ruuvinpää
MB 800	20	M20x100	490 Nm	10.9	Kuusikulmio

Huom. Päällystämättömät ruuvit voidellaan MoS_2 :lla

Huom. Kytkimissä on metallinen kyltti, johon on merkattu momentti. Tätä momenttia tulee aina käyttää.

Huom. Kiristysmomentti on kriittinen arvo. Käytä aina kalibroitua momenttiavainta.

Ennen kuin käynnistät moottorin, tarkista, että pyörivä kytkin ei aiheuta vahinkoa.

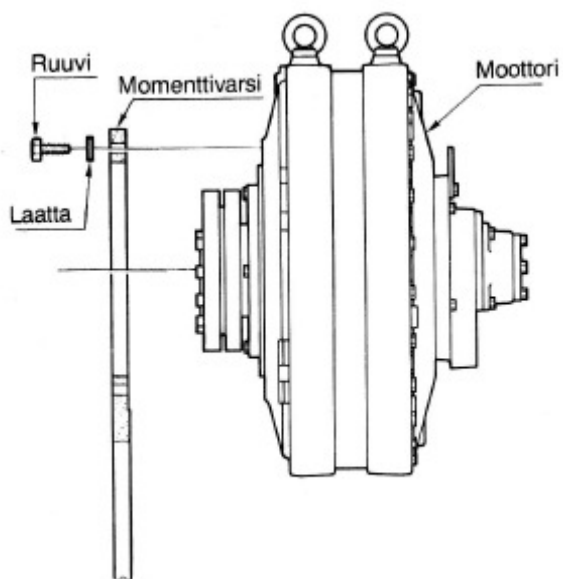
3.4 Momenttivarren sovitus moottoriin

Momenttivarssi kiinnitetään moottoriin, ennen kuin moottori asennetaan käytettävälle akselille. Ensimmäiseksi puhdistetaan koneistetut tasopinnat momenttivarresta ja moottorista. Öljytään ruuvit. Kohdistetaan momenttivarssi ruuvien avulla moottoriin. Lopuksi kiristetään ruuvit taulukon 6 mukaiseen tiukkuuteen.

Taulukko 7. Kiristysmomentti, momenttivarren kiinnitystä varten.

Moottori	Ruuvien mitat	Ruuvien lkm	Kiristysmomentti
MB 800	1" UNC, lujuusluokka 8.8	36	810 Nm

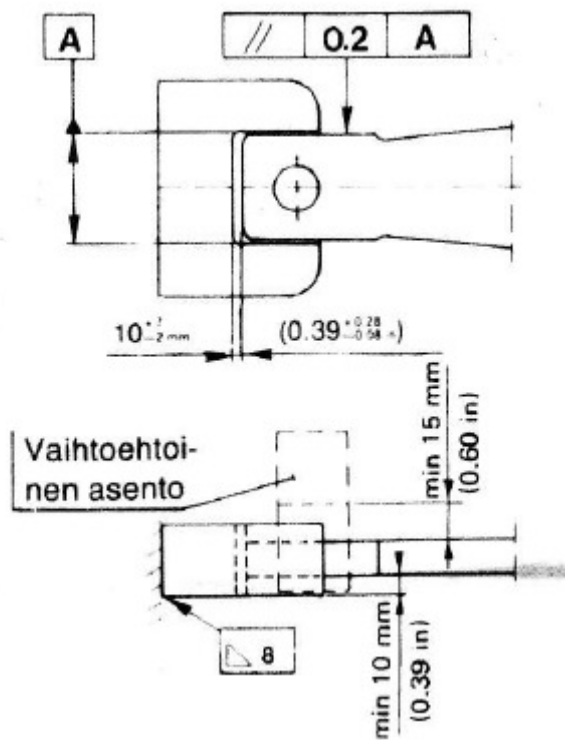
Huom. Käytä momenttiavainta ja öljytyjä ruuveja.



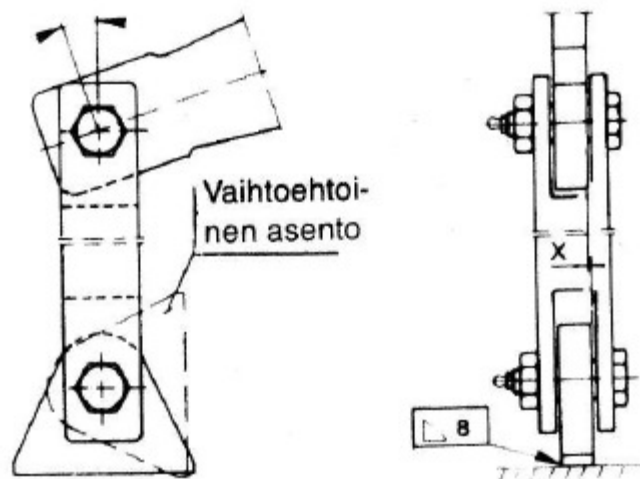
Kuva 17. Kiinnitys.

3.5 Tuettavan pään asennus

Tuettavan pään asentamiseksi on tarjolla kolme eri vaihtoehtoa, jotka ovat nähtävissä kuvissa 18–20

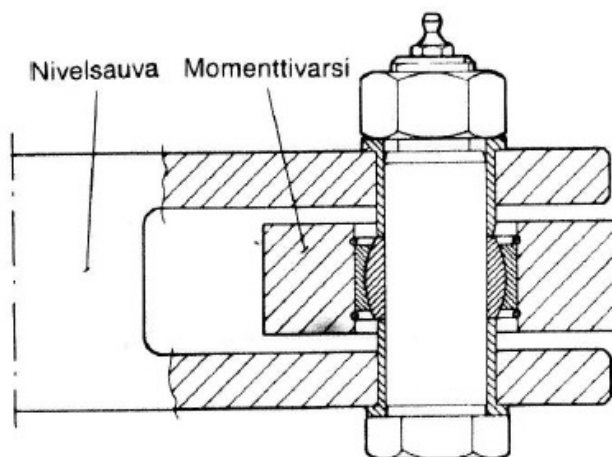


Kuva 18. Hahlotuenta.



$X = \pm 2 \text{ mm}$ asennuksen suuntausvirhe
 $X = \pm 15 \text{ mm}$ käytössä sallittu liike

Kuva 19. Nivelsauvatuenta. (Huomaa. Nivellaakeri pitää poistaa hitsauksen ajaksi.



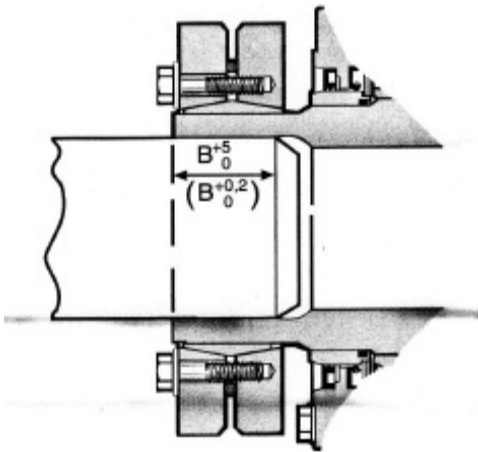
Kuva 20. Nivelsauvan asennus momenttivarteen.

Nivelsauvatuenta on asennettava kuvien 19 ja 20 osoittamalla tavalla.

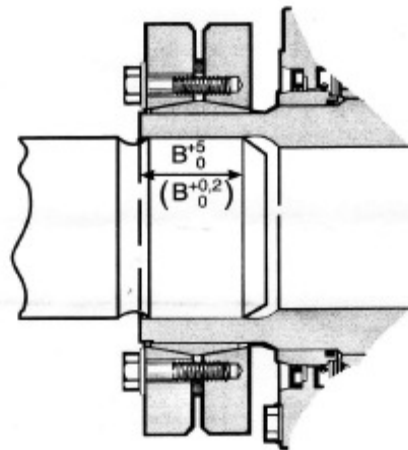
3.6 Moottorin asentaminen käytettävälle akselille

Moottori voidaan asentaa käytettävälle akselille joko asennustyökalua käyttäen, tai sitten ilman sitä, mutta työkalua käyttämällä asennustyö sujuu helpommin.

On tärkeää, että käytettävän akselin ja moottorin putkiakselin välinen kiinnityspituus on oikea. Koska kiinnityspituuden tulee olla oikea, tulee kiinnityspituutta tarkkailla, esim. mittaamalla ja merkkäämällä käytettävään akseliin. Tämä on erityisen tärkeää varsinkin silloin, kun käytettävässä akselissa on kevennysura. (katso kuvat 21 ja 22 sekä taulukko 7) (Installation and Maintenance Manual, Marathon)



Kuva 21. Ei kevennysuraa.



Kuva 22. Kevennysura

Taulukko 8

Moottori	Pituus
	B (mm)
MB 800	153

Kun moottoria aletaan asentaa asennustyökalun avulla, poistetaan ennen sitä tulppa, päätykansi ruuveineen ja aluslevyineen sekä tulppa akselin keskeltä (kuva 9 (moottorin irrotus)). Tämän jälkeen asennetaan päätykansi ilman

tulppaa ja linjataan moottori ja käytettävä akseli. Sitten asetetaan muovialuslevy asennustyökalun mutterin sisäpuolelle. Asennustyökalu sovitetaan päätykannen

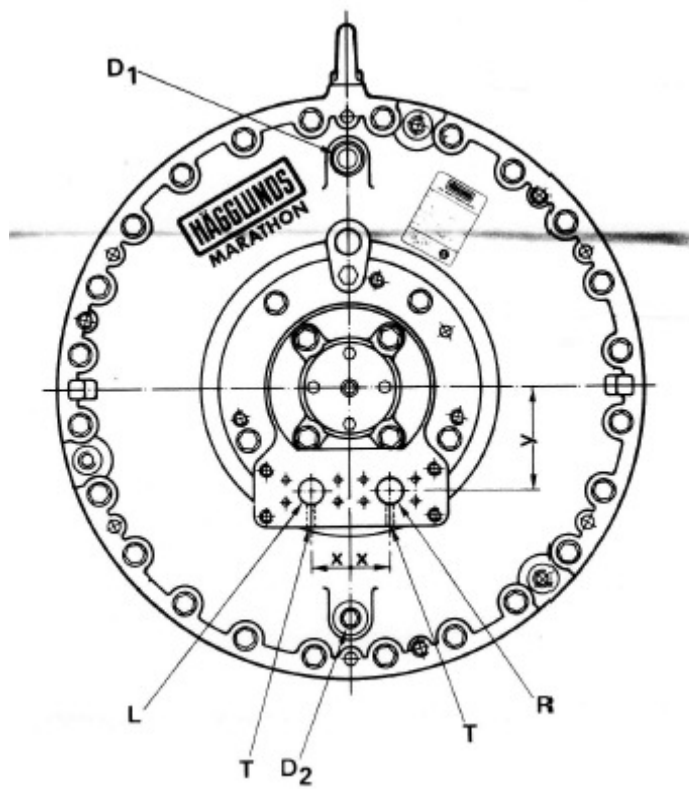
läpi moottorin akselin keskiöön ja kierretään se käytettävään akseliin. Käytetään työkalun neliöpäätä. Sen jälkeen vedetään moottori akselille pyörittämällä asennustyökalun mutteria (kuva 10 moottorin irrotus), kunnes saavutetaan taulukossa 8 lueteltu pituus. Kun pituus on saavutettu, poistetaan asennustyökalu ja päätykansi. Lopuksi asennetaan tulppa akselin keskiöön ja kiristetään se oikeaan momenttiin. Tämä kun on suoritettu, asennetaan sekä päätykansi tulppineen että ruuvit aluslevyineen ja kiristetään ruuvit oikeaan momenttiin.

Moottori voidaan asentaa myös ilman erillistä asennustyökalua. Työ saattaa olla hankalampaa ja saattaa vaatia enemmän aikaa. Moottorin asentaminen onnistuu kuitenkin helpommin, jos puristunut ilma poistetaan putkiakselista asennuksen aikana. Asennus alkaa poistamalla päätykansi tulppineen ja aluslevyineen sekä tulppa akselin keskeltä (kuva 9). Kun moottori on saatu asennettua akselille, asennetaan irrotetut osat takaisin paikalleen. Lopuksi kiristetään päätykannen ruuvit sekä akselin keskiön tulppa oikeaan momenttiin. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

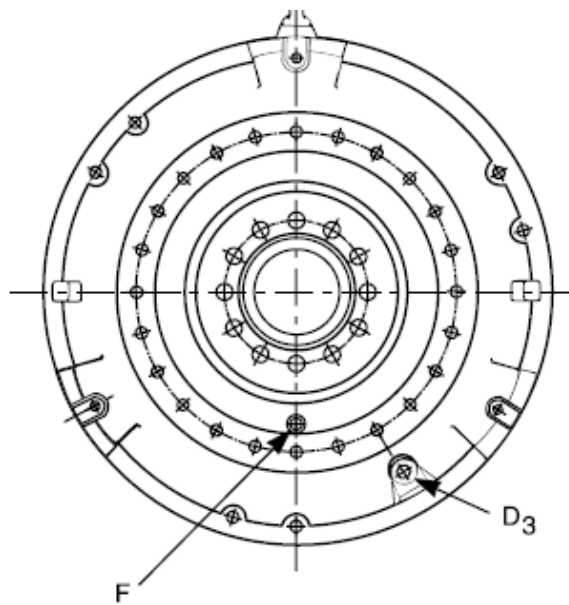
3.7 Öljyliitännät

Moottorin öljyliitännät ovat nähtävissä kuvissa 23–27.

Taulukoissa 9-11 on nähtävissä öljyliitäntöihin liittyvät mitat. (Installation and



Kuva 23. Öljyliitännät



Kuva 24. Öljyliitännät

Taulukko 9. Liitännät

Liitäntä	Tarkoitus	Huomautukset
R	Pääliitäntä	Jos R-liitäntää käytetään tuloliitântänä, moottorin akseli pyörii akselin puolelta katsottuna myötäpäivään
L	Pääliitäntä	Jos L-liitäntää käytetään tuloliitântänä, moottorin akseli pyörii akselin puolelta katsottuna vastapäivään
D_1	Vuotoliitäntä	Toimitettaessa normaalisti tulpattu
D_2, D_3	Vaihtoehtoinen vuotoliitäntä	Toimitettaessa normaalisti tulpattu
F	Huuhteluliitäntä	Käytetään akselitiivisteiden huuhteluun. Normaalisti tulpattu
T	Mittausliitännät	Käytetään pääliitântöjen paineen ja lämpötilan mittaamiseen. Normaalisti tulpattu

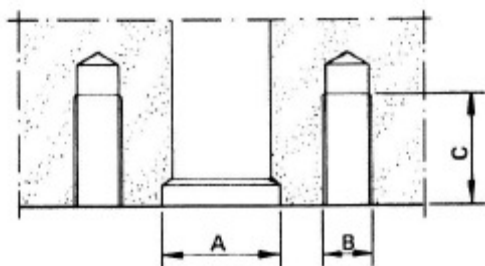
Taulukko 10. MB-800 liitäntöjen mitat

R*	L*	D_1, D_2	D_3	F	T	y mm	x mm
2"	2"	BSP 1 1/4"	BSP 1"	BSP 1/4"	BSP 1/4"xM16	201	91

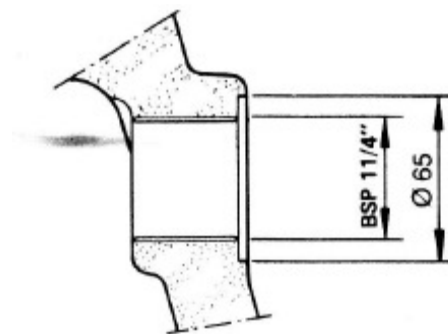
*SAE-laippa J 518 C, koodi 62, 414 bar

Taulukko 11. Pääliitäntä R, L

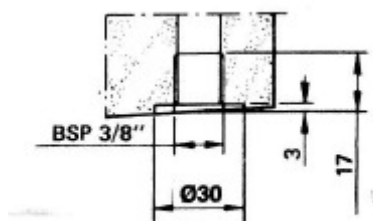
Moottori	A (mm)	B	C (mm)
MB 800	48	3/4" UNC	36



Kuva 25. Pääliitäntä R, L



Kuva 26. Vuotoliitäntä D_1, D_2



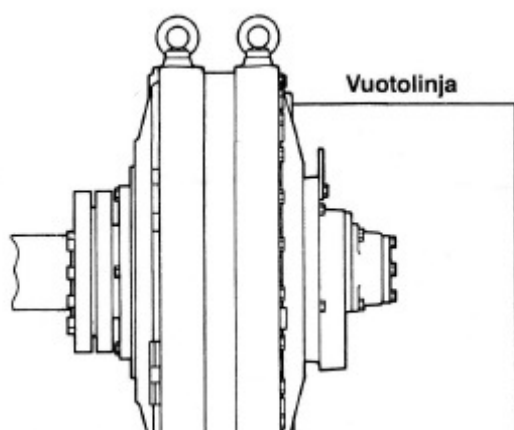
Kuva 27. Mittausliitäntä T

(Häggblunds Drives – opas, luettu 22.2.2010)

3.8 Moottorin vuoto- ja ilmausliitännät

Sulatuskuljettimen hydraulimoottorit asennetaan siten, että akseli on vaaka-asennossa. Tässä tapauksessa erillistä ilmausta ei tarvita. Käytetään ylempää vuotoliitäntää, joka on joko D_1 tai D_2 . (kuvat 23–24 (öljyliitännät) ja kuva 28)

(Installation and Maintenance Manual, Marathon)



Kuva 28.

3.9 Huuhtelu

Koska korkea käyttölämpötila alentaa voiteluaineen viskositeettia ja huonontaa voiteluaineen voitelukykyä, tulee moottorin koteloä jäähdyttää. Matala viskositeetti alentaa myös suurinta sallittua ottotehoa. Moottoriin tulee jatkuvassa käytössä järjestää huuhtelukierro, mikäli moottorista saatava teho ylittää taulukossa 12 ilmoitetun arvon. Taulukko vastaa $+20^{\circ}\text{C}$ ympäristön lämpötilaa. Huuhtelulinja tulee liittää alimpaan vuotoliitäntään. (Installation and Maintenance Manual, Marathon)

Taulukko 12. Enimmäisteho ilman huuhtelua

Moottori	kW	hp
MB-800	170	227